Académie des sciences (France). Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. 1947.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME DEUX-CENT-VINGT-QUATRIÈME.

JANVIER — JUIN 1947.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

—

1947

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1947

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie.*

MM.

HADAMARD (*Jacques*-Salomon), C. ✻.
BOREL (Félix-Edouard-Justin-*Émile*), G. O. ✻, ✠.
CARTAN (*Élie*-Joseph), C. ✻.
JULIA (*Gaston*-Maurice), C. ✻, ✠.
MONTEL (*Paul*-Antoine), C. ✻.
DENJOY (*Arnaud*), O. ✻.

SECTION II. — *Mécanique.*

DRACH (*Jules*), O. ✻,
VILLAT (*Henri*-René-Pierre), O. ✻.
CAQUOT (*Albert*-Irénée), G. O. ✻, ✠.
PÉRÈS (*Joseph*-Jean-Camille), ✻.
VESSIOT (*Ernest*-Paulin-Joseph), C. ✻.
BÉGHIN (*Henri*), O. ✻.

SECTION III. — *Astronomie.*

DESLANDRES (*Henri*-Alexandre), C. ✻.
ESCLANGON (*Ernest*-Benjamin), O. ✻.
MAURAIN (*Charles*), C. ✻
FAYET (*Gaston*-Jules), ✻.
CHAZY (*Jean*-François), ✻, ✠.
LYOT (*Bernard*-Ferdinand), ✻.

SECTION IV. — *Géographie et Navigation.*

TILHO (*Jean*-Auguste-Marie), G. O. ✻, ✠.
DURAND-VIEL (*Georges*-Edmond-Just), G. C. ✻, ✹, ✠.
BARRILLON (*Émile-Georges*), C. ✻.
MARTONNE (*Emmanuel*-Louis-Eugène DE), O. ✻.
COT (*Donatien*), C. ✻.
POIVILLIERS (*Georges*-Jean), O. ✻, ✠.

Section V. — *Physique générale.*

MM.
Brillouin (Louis-*Marcel*), O. ✻.
Cotton (*Aimé*-Auguste), C. ✻.
Joliot (*Frédéric*), C. ✻.
Becquerel (*Jean*-Antoine-Edmond-Marie), O. ✻.
Cabannes (*Jean*), O. ✻, ✠.

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie.*

Bertrand (*Gabriel*-Émile), C. ✻.
Delépine (Stéphane-*Marcel*), O. ✻.
Lespieau (Pierre-Léon-*Robert*), O. ✻.
Lebeau (*Paul*-Marie-Alfred), O. ✻.
Jolibois (Médard-*Pierre*), O. ✻, ✠.
Pascal (*Paul*-Victor-Henri), ✻.

Section VII. — *Minéralogie.*

Jacob (*Charles*-François-Étienne), O. ✻, ✠.
Mauguin (*Charles*-Victor), O. ✻.
Grandjean (*François*-Alfred), O. ✻.
Margerie (*Emmanuel*-Marie-Pierre-Martin Jacquin de), O. ✻.
Michel-Lévy (*Albert*-Victor), O. ✻.
Bertrand (*Léon*-Louis-Théophile), O. ✻.

Section VIII. — *Botanique.*

Dangeard (*Pierre-Augustin*-Clément), O. ✻.
Blaringhem (*Louis*-Florimond), O. ✻.
Chevalier (*Auguste*-Jean-Baptiste), C. ✻.
Souèges (Étienne-Charles-*René*).
Magrou (*Joseph*-Émile), ✻.
Heim (*Roger*-Jean), ✻, ✠.

Section IX. — *Économie rurale.*

Leclainche (Auguste-Louis-*Emmanuel*), G. O. ✻.
Lapicque (*Louis*-Édouard), C. ✻, ✠.
Fosse (*Richard*-Jules), ✻.
Schribaux (Pierre-*Émile*-Laurent), C. ✻.

MM.
JAVILLIER (Jean-*Maurice*), C. ✻, ✠.
DEMOLON (*Albert*-Omer), O. ✻.

Section X. — *Anatomie et Zoologie.*

CAULLERY (*Maurice*-Jules-Gaston-Corneille), C. ✻.
PÉREZ (*Charles*), O. ✻.
ROUBAUD (*Émile*-Charles-Camille), O. ✻.
WINTREBERT (*Paul*-Marie-Joseph), ✻.
FAGE (Baptiste-*Louis*), ✻.
COURRIER (Marie-Jules-Constant-*Robert*), ✻, ✠.

Section XI. — *Médecine et Chirurgie.*

VINCENT (Jean-*Hyacinthe*), G. C. ✻.
PORTIER (*Paul*), O. ✻.
BINET (*Léon*-René), C. ✻, ✠.
LAUBRY (*Charles*), C. ✻.
HARTMANN (*Henri*-Albert-Charles-Antoine), C. ✻.
LERICHE (*René*), O. ✻, ✠.

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

BROGLIE (*Louis*-Victor-Pierre-Raymond, prince DE), O. ✻, pour les Sciences mathématiques.
LACROIX (François-Antoine-*Alfred*), G. O. ✻, pour les Sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

BROGLIE (Louis-César-Victor-*Maurice*, duc DE), O. ✻.
GRAMONT (*Armand*-Antoine-Auguste-Agénor, duc DE), O. ✻.
GUTTON (Antoine-Marie-*Camille*), C. ✻.
DUCLAUX (*Jacques*-Eugène), ✻, ✠.
ROUSSY (*Gustave*), G. O. ✻.
JOLLY (*Justin*-Marie-Jules), O. ✻.
PÉRARD (*Albert*-Gustave-Léon), O. ✻, ✠.
RAMON (*Gaston*-Léon), C. ✻.
HACKSPILL (*Louis*-Jean-Henri), ✻, ✠.
....

MEMBRES NON RÉSIDANTS.

MM.

CUÉNOT (*Lucien*-Claude-Jules-Marie), O. ✻, à Nancy.
CAMICHEL (*Charles*-Moïse), O. ✻, au Cap Dorat, par Lavaur (Tarn).
PICART (Théophile-*Luc*), O. ✻, à Floirac (Gironde).
SERGENT (Étienne-Louis-Marie-*Edmond*), C. ✻, ✠, à Alger.
COTTON (*Émile*-Clément), ✻, à Grenoble.
BOUIN (André-*Pol*), O. ✻, à Vendresse (Ardennes).
MAIRE (*René*-Charles-Joseph-Ernest), O. ✻, à Alger.
HAAG (*Jules*), ✻, à Besançon.
GIGNOUX (*Maurice*-Irénée-Marie), ✻, à Grenoble.
LEJAY (*Pierre*), ✠, à Zi-Ka-Wei (Chine).
BATAILLON (Jean-*Eugène*), O. ✻, à Castelnau-les-Lez (Hérault).
DEVAUX (*Henri*-Edgar), ✻, à Bordeaux.

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

LUMIÈRE (*Louis*-Jean), G. C. ✻, à Bandol (Var).
ESNAULT-PELTERIE (*Robert*-Albert-Charles), O. ✻, à Boulogne-sur-Seine.
PORTEVIN (*Albert*-Marcel-Germain-René), O. ✻, à Paris.
CHEVENARD (*Pierre*-Antoine-Jean-Sylvestre), O. ✻, à Paris.
BARTHÉLEMY (*René*), ✻, à Fontenay-aux-Roses (Seine).
DARRIEUS (*Georges*-Jean-Marie-Eugène), ✻, ✠, à Houilles (Seine-et-Oise).

ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

MM.

BORDET (*Jules*-Jean-Baptiste-Vincent), G. C. ✻, à Bruxelles.
WINOGRADSKY (*Serge*), à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).
EINSTEIN (*Albert*), à Princeton (New Jersey).
LA VALLÉE POUSSIN (*Charles*-Jean-Gustave-Nicolas DE), C. ✻, à Uccle-Bruxelles.
LUGEON (*Maurice*), G. O. ✻, à Lausanne (Suisse).
BOHR (*Niels* Henrik David), O. ✻, à Copenhague.
SHERRINGTON (Sir *Charles* Scott), à Cambridge (Angleterre).
ADAMS (*Walter Sydney*), à Pasadena (Californie).
....
....
....
....

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie* (10).

DICKSON (*Leonard Eugene*), à Waco (Texas).
NÖRLUND (*Niels Erik*), C. ✻, à Copenhague.
BERNSTEIN (*Serge*), à Moscou.
CASTELNUOVO (*Guido*), à Rome.
DULAC (*Henri*-Claudius-Rosario), ✻, à Lyon.
HARDY (*Godfrey Harold*), à Cambridge (Angleterre).
VINOGRADOV (*Ivan* Matveevich), à Kazan (U. R. S. S.).
CARLEMAN (Tage Gillis *Torsten*), O. ✻, à Djursholm (Suède).
....
....

SECTION II. — *Mécanique* (10).

ROY (*Louis*-Maurice), ✻, à Toulouse.
THIRY (*René*-Paul-Eugène), O. ✻, à Marseille.
RIABOUCHINSKY (*Dimitri* Pavlovitch), à Paris.
THULOUP (Émile-Adrien-*Albert*), C. ✻, à Grasse (Alpes-Maritimes).
BOULIGAND (*Georges*-Louis), ✻, à Paris.
ROY (Paul-Mary-Ferdinand-*Maurice*), ✻, à Paris.
TIMOSHENKO (*Stephen*), à Palo Alto (Californie).
LERAY (*Jean*), à Sceaux (Seine).
KÁRMÁN (*Théodore* DE) à Pasadena (Californie).
TAYLOR (Sir *Geoffroy Ingram*), à Cambridge (Angleterre).

SECTION III. — *Astronomie* (10).

BOSLER (*Jean*), ✻, à Marseille.
BERGSTRAND (*Carl Östen* Emanuel), à Uppsala.

MM.

HERTZSPRUNG (*Einar*), à Leyde (Pays-Bas).
RUSSELL (*Henry Norris*), à Princeton (New Jersey).
JONES (Sir Harold *Spencer*), à Greenwich (Angleterre).
SHAPLEY (*Harlow*), à Cambridge (Massachusetts).
....
....
....
....

SECTION IV. — *Géographie et Navigation* (10).

HEDIN (*Sven* Anders), à Stockholm.
VANSSAY DE BLAVOUS (*Pierre*-Marie-Joseph-Félix-Antoine DE), C. ✻, ✠, à Monaco.
VENING MEINESZ (*Felix Andries*), à Amersfoort (Pays-Bas).
POISSON (Victor-Marie-Augustin-*Charles*), ✻, ✠, à Tananarive.
KOCH (*Lauge*), O. ✻, à Copenhague.
MARGUET (*Frédéric*-Philippe), C. ✻, à Villeneuve-Loubet (Alpes-Maritimes).
ROUCH (*Jules*-Alfred-Pierre), ✻, ✠, à Monaco.
MONOD (*Théodore*), à Dakar.
....
....

SECTION V. — *Physique générale* (10).

MILLIKAN (*Robert Andrews*), ✻, à Pasadena (Californie).
TOWNSEND (*John* Sealy), ✻, à Oxford.
HAAS (*Wander Johannes* DE), O. ✻, à Leyde (Pays-Bas).
HULUBEI (*Horia*), O. ✻, à Bucarest.
REBOUL (*Georges*-Scipion-Antoine), ✻, ✠, à Montpellier.
FORTRAT (*René*-Lucien), ✻, à Grenoble.
....
....
....
....

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie* (10).

WALDEN (*Paul*), à Bühl (Allemagne).
HOLLEMAN (*Arnold Frederik*), ✻, à Bloemendaal (Pays-Bas).
DENIGÈS (*Georges*-Noël-Fort), O. ✻, à Bordeaux.

MM.
LOCQUIN (Émile-*René*), ✻, à Lyon.
COURTOT (*Charles*-Hippolyte), ✻, à Nancy.
. . . .
. . . .
. . . .
. . . .
. . . .

SECTION VII. — *Minéralogie* (10).

BIGOT (*Alexandre*-Pierre-Désiré), O. ✻, à Mathieu (Calvados).
LERICHE (*Maurice*-Henri-Charles), ✻, à Uccle-Bruxelles.
LAPPARENT (Marie-*Jacques* COCHON DE), ✻, à Paris.
FOURMARIER (*Paul*-Frédéric-Joseph), ✻, à Cointe-Sclessin-lez-Liége (Belgique).
BRAGG (Sir *William Lawrence*), à Cambridge (Angleterre).
NIGGLI (*Paul*), à Zurich (Suisse).
DALY (*Reginald Aldworth*), à Cambridge (Massachusetts).
. . . .
. . . .
. . . .

SECTION VIII. — *Botanique* (10).

PERRIER DE LA BÂTHIE (*Henri*-Alfred-Joseph), ✻, à Saint-Pierre d'Albigny (Haute-Savoie).
BLAKESLEE (*Albert Francis*), à Northampton (Massachusetts).
DE WILDEMAN (*Émile*-Auguste-Joseph), à Bruxelles.
TEODORESCO (*Emmanuel* Constantin), à Bucarest.
NICOLAS (Léon-Marie-Joseph-*Gustave*), ✻, à Toulouse.
MERRILL (*Elmer Drew*), à Jamaica Plain (Massachusetts).
BOULY DE LESDAIN (*Maurice*-Léopold-Joseph), à Lille.
BECQUEREL (*Paul*), ✻, à Neuilly (Seine).
LITARDIÈRE (*René*-Jean-Alexandre DE), à Grenoble.
PINOY (*Ernest*), ✻, à Aix-en-Provence.

SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

RUSSELL (Sir Edward *John*), à Harpenden (Angleterre).
MARCHAL (*Émile*-Jules-Joseph), à Gembloux (Belgique).
VALLÉE (*Henri*-Pierre-Michel), C. ✻, à Dijon.
TSCHERMAK-SEYSENEGG (*Erich* von), à Vienne (Autriche).

MM.

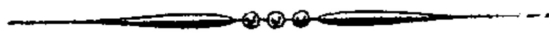
WAKSMAN (*Selman* Abraham), à New Brunswick (New Jersey).
GUINIER (Marie-Joseph-Jean-Baptiste-*Philibert*), O. ✻, à Paris.
GORINI (*Costantino*), à Milan.
HITIER (*Henri*-Joseph-Robert), C. ✻, à Revelles (Somme).
PRIANICHNIKOV (*Dimitri Nicolaïevitch*), à Moscou.
WALLACE (*Thomas*), à Bristol (Angleterre).

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

LÉGER (*Louis*-Urbain-Eugène), O. ✻, à Grenoble.
GUYÉNOT (*Émile*-Louis-Charles), ✻, à Genève.
CHATTON (*Édouard*-Pierre-Léon), ✻, ✠, à Banyuls-sur-Mer.
PEYERIMHOFF DE FONTENELLE (Marie-*Paul* DE), O. ✻, à Alger.
ANCEL (*Paul*-Albert), ✻, à Paris.
BEAUCHAMP (Charles-Alfred-*Paul* MARAIS DE), ✻, à Paris.
POLICARD (*Albert*), O. ✻, ✠, à Lyon.
HARRISON (*Ross Granville*), à New Haven (Connecticut).
HJORT (*Johann*), à Oslo (Norvège).
....

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

WRIGHT (Sir *Almroth* Edward), à Londres.
LUMIÈRE (*Auguste*-Marie-Louis-Nicolas), G. O. ✻, à Lyon.
HOLMGREN (*Israël*), C. ✻, à Stockholm.
JEANBRAU (*Émile*-Alexis), C. ✻, à Montpellier.
REMLINGER (*Paul*-Ambroise), C. ✻, à Tanger (Maroc).
FLEMING (Sir *Alexander*), C. ✻, à Londres.
BÉRARD (*Léon*-Eugène), C. ✻, à Lyon.
GALLAVARDIN (*Louis*-Bénédict), ✻, à Lyon.
ADRIAN (*Edgar Douglas*), ✻, à Cambridge (Angleterre).
....



COMPTES RENDUS
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 JANVIER 1947.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN, PUIS DE M. LOUIS BLARINGHEM.

M. ÉLIE CARTAN, Président, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des Recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres, les Associés étrangers et les Correspondants pendant le cours de l'année 1946.

État de l'impression des Recueils de l'Académie au 1er janvier 1947.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Les fascicules de novembre et décembre 1945 ont été distribués. Ceux de l'année 1946 ont paru chaque semaine régulièrement. Ainsi le retard de notre Publication a été compensé.

Les Tables du tome 216 (1er semestre de l'année 1943) sont parues et ce tome est mis en distribution au cours de la présente séance. Les Tables des tomes 217 à 223 sont en préparation.

Le volume des Tables générales pour la période 1926-1940, *Auteurs*, est à l'impression; celui de la période 1895-1910, *Matières*, est en préparation.

Mémoires de l'Académie. — Le tome 67 est en préparation.

Notices et discours. — Le tome 2 est en préparation.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835.

Un volume de Tables générales est en voie d'achèvement.

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1947 a paru; il est mis en distribution au cours de la présente séance.

Index biographique des Membres et Correspondants de l'Académie des Sciences. — Une nouvelle édition est en préparation.

Membres décédés depuis le 1er janvier 1946.

Section de Géographie et Navigation. — M. **Georges Perrier**, le 16 février, à Paris.

Section de Physique générale. — M. **Paul Langevin**, le 19 décembre, à Paris.

Section des Académiciens libres. — M. **Louis Martin**, le 13 juin, à Paris.

Section des Applications de la Science à l'Industrie. — M. **Léon Guillet**, le 9 mai, à Paris.

Associés étrangers. — M. **Simon Flexner**, le 2 mai, à New York.

Membres élus depuis le 1er janvier 1946.

Section de Mécanique. — M. **Henri Béghin**, le 25 février, en remplacement de M. **Émile Jouguet**, décédé.

Section de Géographie et Navigation. — M. **Donatien Cot**, le 3 juin, en remplacement de M. **Robert Bourgeois**, décédé;

M. **Georges Poivilliers**, le 9 décembre, en remplacement de M. **Georges Perrier**, décédé.

Section de Physique générale. — M. **Jean Becquerel**, le 28 janvier, en remplacement de M. **Jean Perrin**, décédé;

M. **Jean Cabannes**, le 8 avril, en remplacement de M. **Charles Fabry**, décédé.

Section de Botanique. — M. **Roger Heim**, le 11 février, en remplacement de M. **Alexandre Guilliermond**, décédé.

Section d'Économie rurale. — M. **Albert Demolon**, le 11 mars, en remplacement de M. **Gustave Moussu**, décédé.

Section des Membres non résidants. — M. **René Maire**, le 6 mai,

M. **Jules Haag**, le 6 mai,

M. **Maurice Gignoux**, le 27 mai,

M. **Pierre Lejay**, le 27 mai,

M. **Eugène Bataillon**, le 1er juillet,

M. **Henri Devaux**, le 1er juillet,

aux six places créées par décret du 3 novembre 1945.

Section des Applications de la Science à l'Industrie. — M. **Paul Chevenard**, le 4 février, en remplacement de M. **Georges Claude**, dont l'élection a été annulée.

M. **René Barthélemy**, le 18 mars, en remplacement de M. **Georges Charpy**, décédé;

M. **Georges Darrieus**, le 2 décembre, en remplacement de M. **Léon Guillet**, décédé.

Membres à remplacer.

Section de Physique générale. — M. **Paul Langevin**, mort à Paris, le 19 décembre 1946.

Section des Académiciens libres. — M. **Louis Martin**, mort à Paris, le 13 juin 1946.

Associés étrangers. — Sir **William Bragg**, mort à Londres, le 12 mars 1942;

M. **Pieter Zeeman**, mort à Amsterdam, le 9 octobre 1943;

M. **Thomas Hunt Morgan**, mort à Pasadena, Californie, le 4 décembre 1945;

M. **Simon Flexner**, mort à New York, le 2 mai 1946.

Correspondants décédés depuis le 1er janvier 1946.

Aucun Correspondant n'est décédé au cours de l'année 1946.

Correspondants élus depuis le 1er janvier 1946.

Pour la Section de Géométrie. — M. **Ivan Matveevich Vinogradov**, le 4 mars, à Moscou, en remplacement de Sir **Joseph Larmor**, décédé;

M. **Torsten Carleman**, le 25 mars, à Djursholm, Suède, en remplacement de M. **Eugène Fabry**, décédé.

Pour la Section de Mécanique. — M. **Théodore de Kármán**, le 13 novembre, à Pasadena, Californie, en remplacement de M. **A. E. H. Love**, décédé;

Sir **Geoffrey Ingram Taylor**, le 13 novembre, à Cambridge, Angleterre, en remplacement de M. **Jules Haag**, élu Membre non résidant.

Pour la Section d'Astronomie. — Sir **Harold Spencer Jones**, le 17 juin, à Greenwich, en remplacement de M. **Louis Fabry**, décédé;

M. **Harlow Shapley**, le 8 juillet, à Cambridge, Massachusetts, en remplacement de Sir **Frank Dyson**, décédé.

Pour la Section de Géographie et Navigation. — M. **Jules Rouch**, le 27 novembre, à Monaco, en remplacement de M. **Jules Schokalsky**, décédé;

M. **Théodore Monod**, le 27 novembre, à Dakar, en remplacement de M. **William Bowie**, décédé.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Paul Niggli**, le 4 mars, à Zurich, en remplacement de M. **Guiseppe Cesàro**, décédé;

M. **Reginald Aldworth Daly**, le 20 mai, à Cambridge, Massachusetts, en remplacement de M. **Ludovic Mrazec**, décédé.

Pour la Section de Botanique. — M. **René de Litardière**, le 4 novembre, à Grenoble, en remplacement de M. **René Maire**, élu Membre non résidant;

M. **Ernest Pinoy**, le 4 novembre, à Aix-en-Provence, en remplacement de M. **Henri Devaux**, élu Membre non résidant.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **Dmitri Nicolaïevitch Prianichnikov**, le 13 novembre, à Moscou, en remplacement de M. **Édouard Imbeaux**, décédé;

M. **Thomas Wallace**, le 2 décembre, à Bristol, Angleterre, en remplacement de M. **André Paillot**, décédé.

Pour la Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Ross Granville Harrison**, le 18 mars, à New Haven, Connecticut, en remplacement de M. **Pol Bouin**, élu Membre non résidant;

M. **Johann Hjort**, le 12 juin, à Oslo, en remplacement de M. **Paul Pelseneer**, décédé.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — Sir **Alexander Fleming**, le 11 février, à Londres, en remplacement de M. **Émile Forgue**, décédé;

M. **Léon Bérard**, le 1er avril, à Lyon, en remplacement de M. **Alexandre Yersin**, décédé;

M. **Louis Gallavardin**, le 8 juillet, à Lyon, en remplacement de M. **Alexis Carrel**, décédé;

M. **Edgar Douglas Adrian**, le 17 juillet, à Cambridge, Angleterre, en remplacement de M. **Maurice Arthus**, décédé.

Correspondants à remplacer.

Pour la Section de Géométrie. — M. **George Birkhoff**, mort à Cambridge, Massachusetts, le 12 novembre 1944;

M. **Charles de La Vallée Poussin**, élu Associé étranger le 15 janvier 1945.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **Alfred Fowler**, mort à Londres, le 24 juin 1940;

M. **Edmond Rothé**, mort à Lezoux, Puy-de-Dôme, le 28 août 1942;

M. **Frank Schlesinger**, mort à Lyme, Connecticut, le 10 juillet 1943;

M. **Walter Sydney Adams**, élu Associé étranger le 18 juin 1945.

Pour la Section de Géographie et Navigation. — M. **Jules Richard**, mort à Monaco, le 24 janvier 1945;

M. **Pierre Lejay**, élu Membre non résidant le 27 mai 1946.

Pour la Section de Physique générale. — M. **Henri Buisson**, mort à Marseille, le 6 janvier 1944;

M. **Niels Bohr**, élu Associé étranger le 26 février 1945;

M. **Blas Cabrera**, mort à Mexico, le 1er août 1945.

M. **Jean Cabannes**, élu Membre de la Section le 8 avril 1946.

Pour la Section de Chimie. — M. **Frédéric Swarts**, mort à Gand, Belgique, le 6 septembre 1940;

Sir **Robert Hadfield**, mort à Londres, le 30 septembre 1940;

M. **Maurice Nicloux**, mort à Annecy, le 5 janvier 1945;

M. **Paul Pascal**, élu Membre de la Section le 3 décembre 1945.

M. **Albert Recoura**, mort à La Tronche, Isère, le 21 décembre 1945.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Vladimir Vernasdky**, mort à Moscou, le 6 janvier 1945;

M. **Maurice Lugeon**, élu Associé étranger le 15 janvier 1945;

M. **Maurice Gignoux**, élu Membre non résidant le 27 mai 1946.

Pour la Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Eugène Bataillon**, élu Membre non résidant le 1er juillet 1946.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — Sir **Charles Sherrington**, élu Associé étranger le 9 avril 1945.

Pour les Sections qui pourront être désignées par l'Académie :

A. — Le Correspondant suivant pour la Section de Mécanique : M. **Joseph Auclair**, mort à Saint-Léger-sur-Roanne, le 12 décembre 1936.

B. — Le Correspondant suivant pour la Section de Chimie : M. **Amé Pictet**, mort à Genève, le 11 mars 1937.

C. — Le Correspondant suivant pour la Section de Physique générale : M. **Camille Gutton**, élu Académicien libre le 31 janvier 1938.

D. — Le Correspondant suivant pour la Section de Mécanique : M. **John Alexander Low Waddell**, mort à New York, le 3 mars 1938.

E. — Le Correspondant suivant pour la Section de Botanique : M. **Lucien Daniel**, mort à Rennes, le 26 décembre 1940.

F. — Le Correspondant suivant pour la Section de Géométrie : M. **David Hilbert**, mort à Göttingen, le 14 février 1943.

En prenant possession du fauteuil de la Présidence, M. **Louis Blaringhem** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Mes prédécesseurs au fauteuil de la Présidence, MM. Maurice Caullery et Élie Cartan, ont donné l'exemple à suivre dans la haute fonction que vous m'avez confiée.

La présence à ma droite de M. Henri Villat, un compagnon d'étude, un ami de quarante-huit ans, l'unanimité de vos suffrages excusent la témérité des suggestions que je me propose de soumettre à vos délibérations.

Messieurs les Secrétaires perpétuels sont nos conseillers; ils ont rempli avec un zèle insigne les charges du bureau, alourdies par les années d'occupation, par les deuils trop nombreux que nous déplorons dans les Sections de Médecine, de Géographie, de Minéralogie, de Physique générale, des Applications de la Science à l'Industrie, Sections dont les Membres ont un rôle décisif à jouer pour hâter le relèvement de nos ruines. Le choix de nos nouveaux Confrères a été guidé par le souci de donner aux plus aptes l'autorité de l'Académie des Sciences et de l'Institut de France.

M. Élie Cartan a indiqué l'importance des travaux de la Commission dite de libération de l'énergie atomique; les Becquerel, les Curie, Jean Perrin, animateur par excellence, ont légué à notre Compagnie *le droit* d'orienter les études pour le seul bien-être de l'humanité. La forte personnalité de Paul Langevin inspira les décisions, donne l'exemple.

Grâce à l'activité de nos Secrétaires perpétuels et de notre Secrétaire archiviste, l'Annuaire pour 1947 est entre vos mains; vous y constaterez des résultats encourageants. Comme le faisait prévoir M. Caullery, le complément de six Membres non résidants nous donne la collaboration de savants éminents de la province et de l'Afrique du Nord. On y trouve une grave lacune, la classe des Associés étrangers est réduite à deux tiers; la compléter est de première urgence; nous devons aussi combler les vacances de Correspondants pour les Sections d'Astronomie, de Physique générale, de Chimie, de Minéralogie.

La préparation des *attributions de Prix* doit retenir votre attention; les demandes de récompenses sont rares; il serait bon d'inviter les plus dignes, souvent les plus discrets, à présenter leurs titres.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances* sont, avec les *Mémoires*, l'expression, l'essence même de notre autorité dans toutes les branches de la recherche scientifique. L'éditeur Thouzellier, dont la mort récente nous fait apprécier davantage les services rendus à la Science française, a obtenu du personnel de l'Imprimerie Gauthier-Villars la publication régulière, en dix jours, des Notes qui assurent les prises de dates des découvertes; le contrôle des priorités engage le renom de notre Compagnie. Que faire, sans un effort

redoublé, lorsque 80 Notes sont déposées en une seule séance sur le bureau de l'Académie? Je suggère à mes Confrères d'insister pour que la mention *Note présentée* (ou *lue*) qui figure sous les titres de celles qu'ils en jugent dignes soit imprimée sur les tirés à part; il faut accepter les Notes des auteurs qui préfèrent exposer leurs résultats sans patronage; on exige des textes condensés et corrects, avec, s'il y a lieu, des croquis au trait intelligibles pour tous.

Noblesse oblige, elle impose dans les crises un redoublement d'efforts pour maintenir notre Compagnie au premier rang dans la Science universelle.

Durant la première guerre mondiale, où tant de nos élèves et de nos condisciples sont tombés, Paul Appell, avec le Président Painlevé, avec la collaboration de tous les membres de l'Institut de France, a réalisé le *Secours National.*

Dès l'armistice et la victoire, notre Secrétaire perpétuel, Émile Picard, prit l'initiative de réunir un *Conseil International des Unions scientifiques* pour consolider la paix et limiter, enrayer les tentations de nouveaux conflits par la seule autorité conjuguée de l'élite intellectuelle; trente nations amies ont répondu à son appel et, en 1931, après lui, Charles Fabry fut désigné, au vote secret de l'Assemblée générale, pour la Présidence du Comité exécutif permanent dont le siège est à Bruxelles. Cette confiance, qui est notre fierté, se poursuit en 1946 avec le choix de M. Émile Borel, vice-président du Comité exécutif jusqu'à la prochaine Assemblée générale en 1949.

Le 21 octobre dernier, M. Élie Cartan souhaitait la bienvenue en votre nom à de nombreux savants étrangers assistant à notre séance, en particulier à M. Frédéric John Marian Stratton, Directeur de l'Observatoire de Cambridge (Angleterre), le très actif secrétaire général du *Conseil International des Unions scientifiques*; ce fut l'occasion d'examiner les moyens pratiques de réaliser les vœux de l'Assemblée générale qui fut tenue à Londres, le 21 juillet 1946, dans les Salles magnifiques de la Société Royale, dont l'accueil fut imposant et chaleureux.

Je rappelle que les dispositions prises en 1920, et qui engagent l'Académie des Sciences, sont maintenues. Les débats aux réunions sont résumés en deux langues, anglaise et française, et cette phrase complète les textes des Statuts publiés en juillet 1931 :

« Le présent texte français servira exclusivement pour l'interprétation à donner aux Statuts. »

Le 12 août 1946, sur la demande de M. Émile Borel, votre Président (1) donnait connaissance d'un texte, conclusion et vœux : « L'Assemblée générale est d'avis que l'énergie nucléaire n'est pas l'unique facteur scientifique qui puisse avoir

(1) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 297.

des effets bons ou mauvais... La menace de l'emploi des produits biologiques et biochimiques peut être aussi inquiétante que celle de la bombe atomique ». On recommande aux adhérents de la nouvelle unité internationale pour empêcher la guerre :

« De servir la communauté non seulement par leurs recherches spécialisées, mais autant qu'il leur sera possible, par l'éducation du public, en faisant connaître les buts et les conquêtes de la science. »

La Commission dite de libération de l'énergie atomique est à l'œuvre avec notre Secrétaire perpétuel, M. Louis de Broglie, Membre de l'Académie française, ce dont nous nous félicitons, avec le Duc de Broglie son parrain dans l'illustre Compagnie, avec son organisateur M. Joliot Curie, Prix Nobel, avec plusieurs de nos Confrères... Les Sections de Médecine et de Chimie, élargies, sont invitées à examiner les problèmes de leur spécialité; je suggère à leurs Doyens, MM. Hyacinthe Vincent et Gabriel Bertrand, de s'adjoindre dans leurs études le Doyen de la Classe des Associés étrangers, M. le Professeur Jules Bordet, Directeur de l'Institut Pasteur de Bruxelles.

Prononcer le nom de Pasteur, c'est assurer l'adhésion des savants du monde entier, celle des peuples dont ils sont les éducateurs.

Les Commissions délibèrent dans le secret; leurs décisions, leurs recommandations doivent être largement diffusées. Nous sommes tous les agents de la propagande, et quelle solution plus efficace que celle d'y intéresser les Membres de l'Institut de France!

Je suggère de prolonger, chaque mois et par roulement, l'une de nos séances; par exemple, l'Économie rurale documenterait les Sciences morales et politiques sur les problèmes du ravitaillement; la Mécanique, la Chimie, les Sciences appliquées suggéreraient aux architectes et aux artistes l'emploi de nouveaux aciers, de meilleurs ciments, de verres choisis pour les reconstructions. Littéraires et historiens sont les commentateurs les plus qualifiés pour retenir l'attention du grand public.

Terminons cette avalanche de souhaits par des compliments, ou mieux par la justification de l'activité singulière, inattendue de nos séances. Je ne demande pas, comme mes prédécesseurs, qu'on observe le silence; l'obtenir serait, je le crains, inviter à la désertion. Cette salle, où s'ébauchent, où s'affirment les disciplines si variées qu'imposent l'évolution et les progrès prodigieux de la Science, est un Laboratoire, le foyer où se fondent les hypothèses, les techniques, les contrôles, où se précisent les lois essentielles de l'ordre naturel. Dans cette salle, j'ai pris les avis de Henry Le Châtelier, d'Édouard Branly, d'Émile Picard, de Paul Achard, d'Arsène d'Arsonval, de Villars, de Daniel Berthelot, de Pierre Viala, de Louis de Launay, de Lucien Cayeux et surtout de Henri Deslandres, savants dont je n'avais pu être l'élève ou le collaborateur; leur

accueil a toujours été chaleureux, leurs conseils riches en résultats pour mes études.

Je les réunis, dans ma respectueuse reconnaissance, à des maîtres vénérés, à une longue liste de vos prédécesseurs, mathématiciens, physiciens, chimistes, biologistes, où dominent les influences immédiates de Alfred Giard, de Julien Costantin, de Jean Perrin et, plus tard, de Élie Metchnikoff, de Émile Roux, de Léon Guignard. A ces grands maîtres, je dois l'honneur de présider à ces précieux échanges que sont vos leçons. Je vous invite, mes chers Confrères, à maintenir la tradition de notre Académie, École des Sciences pour jeunes et adultes engagés dans les recherches qui préparent un meilleur avenir pour l'humanité.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation des décrets, en dates des 23 et 28 décembre 1946, portant approbation des élections que l'Académie a faites de M. **Georges Darrieus** pour occuper, dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie, la place vacante par le décès de M. *Léon Guillet*, et de M. **Georges Poivilliers** pour occuper, dans la Section de Géographie et Navigation, la place vacante par le décès de M. *Georges Perrier*.

Il est donné lecture de ces décrets.

Sur l'invitation de M. le Président, MM. **Georges Darrieus** et **Georges Poivilliers** prennent place parmi leurs Confrères.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Manne Siegbahn**, Membre de l'Académie des Sciences de Stockholm et Professeur à l'Université de cette ville, qui assiste à la séance.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture du télégramme suivant :

L'Académie Nationale de Peiping, douloureusement émue par la perte irréparable de son Membre honoraire Paul Langevin, grand physicien et symbole de la Science française, dont l'œuvre féconde a tant contribué au rapprochement entre les hommes de Science de la Chine et de la France, adresse aux Savants français ses condoléances les plus sincères, et vous prie de transmettre ses sympathies à la famille du grand Disparu.

Le Président Li Yu Ying.

M. **Pierre Lejay** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier intitulé *Développements modernes de la Gravimétrie. Nouvelles méthodes de mesures de la pesanteur, la forme de la Terre et la structure de son écorce.*

PLIS CACHETÉS.

M. **André Pierron** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 21 janvier 1946 et enregistré sous le n° 12132.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *Note sur le traitement de la trypanosomiase par injections intraveineuses d'arséniate d'argent.*

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

CORRESPONDANCE.

M. **Edgar Douglas Adrian**, Correspondant de l'Académie, Secrétaire pour l'Étranger de la « Royal Society », adresse à l'Académie les sentiments de condoléances de cette Compagnie à l'occasion de la mort de M. *Paul Langevin*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Gérard de Parrel. *Traité de rééducation*. Avec la collaboration de Louise Matha (Mme G. de Parrel) pour le Chapitre de *Rééducation psycho-neuro-motrice* (présenté par M. Léon Binet).

2° Association des anciens élèves de l'École Centrale Lyonnaise. *La Reconstruction française*. Préface de M. Raoul Dautry.

3° L. J. F. Brimble. *Science in a changing World*.

4° Congo belge et Ruanda-Urundi. *Bulletin du Service géologique*. N° 1, 1945.

MM. **Marc Klein** et **François Pellegrin** adressent des remercîments à l'Académie pour les distinctions accordées à leurs travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une inégalité générale.* Note de M. **Szolem Mandelbrojt**, présentée par M. Paul Montel.

Le théorème que nous donnons ci-dessous est beaucoup plus général et s'énonce plus simplement qu'un théorème que nous avons établi récemment. On obtient, en l'appliquant, des théorèmes très larges concernant les fonctions indéfiniment dérivables, en particulier des théorèmes concernant une quasi-analyticité élargie. Il permet aussi d'envisager sous un jour nouveau la théorie du prolongement analytique des séries de Dirichlet, convergentes ou non.

Soit $\{\lambda_n\}$ une suite de nombres positifs croissants. $N(\lambda)$ $(\lambda > 0)$ désigne le

nombre de λ_n inférieurs à λ. Posons, pour $\lambda > 0$,

$$D(\lambda) = \frac{N(\lambda)}{\lambda}, \qquad \overline{D}(\lambda) = \lambda^{-1}\int_0^\lambda D(x)\,dx,$$

$$D^{\cdot}(\lambda) = \overline{\text{borne}}_{x \geq \lambda} D(x), \qquad \overline{D}^{\cdot}(\lambda) = \overline{\text{borne}}_{x \geq \lambda} \overline{D}(x).$$

$$D^{\cdot} = \overline{\lim}_{\lambda=\infty} D(\lambda), \qquad \overline{D}^{\cdot} = \overline{\lim}_{\lambda=\infty} \overline{D}(\lambda).$$

On a évidemment $D^{\cdot} = \lim D^{\cdot}(\lambda)$, $\overline{D}^{\cdot} = \lim \overline{D}^{\cdot}(\lambda)$. On a aussi $\overline{D}^{\cdot} \leqq D^{\cdot}$, et l'on peut facilement construire des exemples où $\overline{D}^{\cdot} < D^{\cdot}$.

La fonction $\nu(D) = \overline{\text{borne}}_{\lambda \geq 0} \lambda\big(\overline{D}(\lambda) - D\big)$ est non négative, continue et décroissante pour $D > \overline{D}^{\cdot}$. La fonction $\nu^{-1}(x) = \underline{\text{borne}}_{\nu(D) \leqq x} D$ est la fonction inverse de la fonction ν.

Soit $g(\sigma)\,(\sigma \geq 0)$ une fonction positive, continue à variation bornée avec $\lim_{\sigma=\infty} g(\sigma) = 1$, et soit Δ le domaine du plan $s = \sigma + it$, défini par

$$|t| < \frac{\pi}{2} g(\sigma) \qquad (\sigma > 0).$$

Soient $\{d_n\}$ une suite de nombres réels ou complexes, n un entier positif, $p_n(\sigma)\,(\sigma > 0)$ une fonction, croissante vers ∞, continue et soit $F(s)$ une fonction holomorphe dans Δ. En désignant par Δ_x la partie de Δ pour laquelle $\sigma \geq x$, on dira que les sommes $\sum_1^m d_k e^{-\lambda_k s}\,(m \geq n)$ représentent $F(s)$ dans Δ avec une précision logarithmique $p_n(\sigma)$ si pour $x > 0$:

$$\overline{\text{borne}}_{m \geq n}\ \overline{\text{borne}}_{\sigma \geq x} \left| F(s) - \sum_1^m d_k e^{-\lambda_k s} \right| \leqq e^{-p_n(x)}.$$

On posera $A_n^* = \prod_{m \neq n} \frac{\lambda_n^2}{|\lambda_n^2 - \lambda_m^2|}$. On désignera par $C(a, r)$ le cercle $|s - a| < r$, et l'on dira que $F(s)$ peut être prolongée analytiquement de Δ au cercle $C(a, r)$ à travers un canal de largeur $2c$, si cette fonction peut être prolongée de Δ à travers le domaine composé de tous les cercles de rayon c, dont les centres sont situés sur un arc de Jordan, un de ces cercles étant situé dans Δ son centre d'affixe réel, étant arbitrairement grand, un autre se trouvant à l'intérieur de $C(a, r)$. On posera

$$M(a, r) = \overline{\text{borne}}\,|F(s)| \qquad (s \in C(a, r)).$$

Théorème. — *Soit* $\{\lambda_n\}$ *une suite positive croissante avec* $\overline{D}^{\cdot} < 1/2$, *Soit* $F(s)$ *une fonction holomorphe dans* Δ *prolongeable analytiquement de* Δ *à travers un canal plus large que* $2\pi\overline{D}^{\cdot}$ *jusqu'au cercle* $C(a, \pi R)$, *avec* $R > \overline{D}^{\cdot}$,

Si, pour un entier positif n, les sommes $\sum^{m} d_k e^{-\lambda_k s}$ $(m \geqq n)$ *représentent* $F(s)$ *dans* Δ *avec une précision logarithmique* $p_n(\sigma)$, *telle que, pour une certaine constante* $\alpha : 0 < \alpha < 1/2$,

$$(1) \qquad \int^{\infty} p_n(\sigma)\, e^{-\int^{\sigma} \frac{du}{g(u) - 2\nu^{-1}(\alpha p_n(u))}}\, d\sigma = \infty \quad (^1),$$

alors

$$|d_n| \leqq \frac{1}{2} \pi^2 \lambda_n R\, e^{\nu(R)} \Lambda_n^* M(a, \pi R)\, e^{\lambda_n \mathcal{R}(a)},$$

où $\mathcal{R}(a)$ *est la partie réelle de* a.

Dans (1), $\nu^{-1}(\alpha p_n(u))$ peut être remplacé par $\overline{D}^{\cdot}(p_n(u))$. De même, si l'on remplace dans l'énoncé $\overline{D}^{\cdot}$ par $D^{\cdot}$, $\nu^{-1}(\alpha p_n(u))$ peut être remplacé par $D^{\cdot}(p_n(u))$.

GÉOMÉTRIE. — *Expression asymptotique de la longueur de l'ellipse infiniment aplatie.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Élie Cartan.

On sait que la longueur $4l$ de l'ellipse de demi-axes a et $b = a\sqrt{1-e^2}$ s'exprime aisément sous la forme d'une série entière en e, dont le rayon de convergence est un, qui, par suite, se prête bien aux calculs numériques, sauf dans le cas d'une ellipse très aplatie. Ce cas semble au contraire embarrasser les calculateurs. Il peut être utile d'indiquer, pour ce cas, une formule approchée très simple; nous ne savons pas si elle est nouvelle; elle est en tout cas peu connue.

Théorème. — *Quand* b/a *tend vers zéro, la correction d'obliquité* $l - a$ (différence entre la longueur du quart d'ellipse et sa projection sur le grand axe) *a pour valeur principale*

$$(1) \qquad \frac{b^2}{2a} \log \frac{a}{b}.$$

Démonstration. — Nous prendrons pour axe des x le grand axe de l'ellipse, et pour origine une des extrémités de cet axe.

1° La parabole osculatrice $ay^2 = 2b^2x$ est extérieure à l'ellipse. On obtient donc une borne supérieure de l en ajoutant à la longueur l' de l'arc de cette parabole défini par $0 \leqq y \leqq b$ [donc $0 \leqq x \leqq (a/2)$] celle du segment recti-

---

[1] $\int^{\infty}$ signifie qu'on prend $\int_b^{\infty}$ avec b suffisamment grand pour que l'expression sous le signe intégrale ait un sens.

ligne $y = b$, $a/2 \leqq x \leqq a$. On a ainsi

$$(2) \qquad l - a < l' - \frac{a}{2} = \frac{\sqrt{a^2+b^2} - a}{2} + \frac{b^2}{2a}\log\frac{a+\sqrt{a^2+b^2}}{b}$$
$$= \frac{b^2}{2a}\log\frac{2a}{b} + \frac{b^2}{4a} + a\,O\left(\frac{b^4}{a^4}\right) \sim \frac{b^2}{2a}\log\frac{a}{b}.$$

2° Considérons maintenant la parabole $ay^2 = 2kb^2x$ ($k = \cos^2\varphi$), dont l'arc compris entre l'origine O et le point M de coordonnées $a(1 - \cos 2\varphi)$, $b\sin 2\varphi$ est intérieur à l'ellipse. On obtient donc une borne inférieure de l en ajoutant à la longueur l'' de cet arc la distance $a\cos 2\varphi$ de M au petit axe de l'ellipse. On a ainsi

$$l - a > l'' - a(1 - \cos 2\varphi) = \frac{\sin 2\varphi}{2k}\sqrt{a^2\sin^2 2\varphi + k^2 b^2} - a(1 - \cos 2\varphi)$$
$$+ \frac{kb^2}{2a}\log\frac{a\sin 2\varphi + \sqrt{a^2\sin^2 2\varphi + k^2 b^2}}{kb},$$

ou, compte tenu de $k = \cos^2\varphi$,

$$(3) \quad l - a > \sin\varphi\sqrt{4a^2\sin^2\varphi + b^2\cos^2\varphi} - 2a\sin^2\varphi$$
$$+ \frac{b^2}{2a}\cos^2\varphi\log\frac{2a\sin\varphi + \sqrt{4a^2\sin^2\varphi + b^2\cos^2\varphi}}{b\cos\varphi}$$
$$= \frac{b^2}{2a}\cos^2\varphi\log\left(\frac{2a}{b}\operatorname{tg}\varphi\right) + \frac{b^2}{4a}\cos^2\varphi + a\,O\left(\frac{b^4}{a^4}\right).$$

Quelque petit que soit ε positif, on peut d'abord prendre φ assez petit pour que l'on ait $\cos^2\varphi > 1 - \varepsilon$, puis b/a assez petit pour que l'expression précédente soit supérieure à

$$(1 - \varepsilon)\frac{b^2}{2a}\log\frac{a}{b}.$$

Ce résultat, joint à la formule (2), démontre le théorème énoncé.

Pour préciser le résultat obtenu, donnons à φ, dans la formule (3) la valeur qui rend maximum le produit

$$\cos^2\varphi\log\left(\frac{a}{b}\sin\varphi\right),$$

soit sensiblement $\varphi = 1/\sqrt{2\log(a/b)}$. Le second membre de cette formule prend la forme

$$\frac{b^2}{2a}\log\frac{a}{b} - \frac{b^2}{4a}\log\log\frac{a}{b} + a\,O\left(\frac{b^2}{a^2}\right),$$

c'est-à-dire que la différence des deux bornes obtenues pour $l - a$ est un infiniment petit équivalent à

$$\frac{b^2}{4a}\log\log\frac{a}{b}.$$

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les systèmes mécaniques dont les intégrales premières sont définies par des équations implicites.* Note (¹) de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Soit un problème de mécanique

$$(1) \qquad \frac{dq_i}{dt}=\frac{\partial H}{\partial p_i}, \qquad \frac{dp_i}{dt}=-\frac{\partial H}{\partial q_i} \qquad (i=1, 2, \ldots, n),$$

dont l'hamiltonien H est défini par l'équation implicite

$$F(H, t, q_1, \ldots, q_n; p_1, \ldots, p_n)=0,$$

où F est une fonction uniforme des arguments.

Considérons le système où

$$H, \ t; \ q_1, \ p_1; \ \ldots, \ q_n, \ p_n$$

sont des variables canoniques, où τ désigne une variable jouant le rôle du temps et où l'hamiltonien est F

$$(2) \qquad \begin{cases} \dfrac{dH}{d\tau}=\dfrac{\partial F}{\partial t}, & \dfrac{dt}{d\tau}=-\dfrac{\partial F}{\partial H} \\ \dfrac{dq_i}{d\tau}=\dfrac{\partial F}{\partial p_i}, & \dfrac{dp_i}{d\tau}=-\dfrac{\partial F}{\partial q_i} \end{cases} \qquad (i=1, 2, \ldots, n).$$

F = const. est une intégrale de (2), et il est facile d'établir que les solutions de (2) pour lesquelles cette constante est nulle réalisent une représentation paramétrique des solutions de (1), et réciproquement.

2. Soit un système mécanique admettant k intégrales premières uniformes f_1, $f_2, \ldots, f_k$ définies par le système d'équations implicites

$$(3) \qquad F_r(f_1, \ldots, f_k, q_1, \ldots, q_n, p_1, \ldots, p_n)=0 \qquad (r=1, 2, \ldots, k),$$

où les F_r sont uniformes, en involution et où le déterminant

$$D=\frac{D(F_1, \ldots, F_k)}{D(f_1, \ldots, f_k)}$$

n'est pas identiquement nul.

Des identités

$$(F_r, F_s)=-\sum_{(hl)}\frac{D(F_r, F_s)}{D(f_h, f_l)}(f_h, f_l),$$

on déduit les (f_h, f_l) en fonctions linéaires homogènes des (F_r, F_s). En effet, le déterminant Δ de ce système a pour éléments les mineurs du second ordre

(¹) Séance du 23 décembre 1946.

de D, soit Δ' le déterminant qui a pour éléments les mineurs complémentaires d'ordre $k-2$; de l'identité

$$\Delta . \Delta' = D^{\frac{k(k-1)}{2}},$$

on déduit que Δ ne peut être nul.

Les F_r étant en involution, il en est donc de même des f_h.

Soient $w_1, w_2, \ldots, w_k$, k variables indépendantes, les équations

$$(4) \qquad \frac{\partial q_i}{\partial w_h} = \frac{\partial f_h}{\partial p_i}, \qquad \frac{\partial p_i}{\partial w_h} = -\frac{\partial f_h}{\partial q_i} \qquad (h = 1, 2, \ldots, k; \quad i = 1, 2, \ldots, n)$$

constituent un système complètement intégrable que je qualifie d'équations de la mécanique généralisées. On obtient une solution de (1) en substituant dans une solution de (4)

$$w_h = \frac{\partial \varphi}{\partial f_h} t + \varepsilon_h \qquad (h = 1, 2, \ldots, k),$$

où $H = \varphi(f_1, \ldots, f_k)$ est l'expression de l'hamiltonien au moyen des intégrales f_h.

Je considère $f_1, w_1, \ldots, f_k, w_k; q_1, p_1, \ldots, q_n, p_n$ comme $2(n+k)$ variables canoniques, soient $\tau_1, \ldots, \tau_k$, k variables indépendantes. Je montre que le système

$$(5) \qquad \begin{cases} F_r = 0, \\ \dfrac{\partial f_h}{\partial \tau_r} = \dfrac{\partial F_r}{\partial w_h}, \qquad \dfrac{\partial w_h}{\partial \tau_r} = -\dfrac{\partial F_r}{\partial f_h}, \\ \dfrac{\partial q_i}{\partial \tau_r} = \dfrac{\partial F_r}{\partial p_i}, \qquad \dfrac{\partial p_i}{\partial \tau_r} = -\dfrac{\partial F_r}{\partial q_i}, \\ (h, r = 1, 2, \ldots, k; \; i = 1, 2, \ldots, n) \end{cases}$$

est complètement intégrable et que ses solutions réalisent la représentation paramétrique des solutions de (4).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la position de la section sonique dans la tuyère de Laval.* Note de M. **Jean Villey**, présentée par M. Henri Villat.

J'ai eu diverses occasions [1] d'attirer l'attention sur les services considérables que peuvent rendre, pour des applications variées, les équations aux dérivées logarithmiques dont j'ai préconisé l'utilisation [2] pour l'étude des écoulements linéaires non isentropiques des gaz parfaits.

Il s'agit d'une approximation puisque la notion d'écoulement linéaire, c'est-à-dire homogène sur toute la surface d'une section droite de la canalisation, est,

---

[1] *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 477; **214**, 1942, p. 900; *Journ. de Phys.*, avril 1942, p. 79; septembre 1942, p. 162.

[2] *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1417.

en toute rigueur, contradictoire avec l'existence de décoordinations par frottement, qui exigent des gradients radiaux de la vitesse d'écoulement u, et même avec des échanges de chaleur à travers les parois, qui exigent des gradients radiaux de la température T. Malgré cela, ces équations permettent de trouver, ou de retrouver, immédiatement quantité de résultats importants, souvent laborieux à établir par une recherche directe.

On en rencontre un nouvel exemple particulièrement frappant si l'on cherche à déterminer dans quelle section d'une tuyère de Laval se localise la vitesse sonique lorsque le courant de gaz parfait qui la traverse reçoit, le long d'un parcours élémentaire dx, une quantité de chaleur δq par unité de masse (δq peut être positif ou négatif), et que, sur ce même parcours, l'énergie cinétique δw se décoordonne par frottement dans l'unité de masse (δw est toujours positif).

Les équations en cause s'écrivent, en mettant en évidence dans chacune d'elles le facteur commun qui croît indéfiniment lorsque le rapport $\xi = u^2/U^2$ du carré de la vitesse au carré de la célérité locale du son passe par la valeur 1,

$$\frac{du}{u} = \frac{1}{1-\xi}\left[-\frac{ds}{s} + \xi(\gamma-1)\frac{\delta q}{u^2} + \xi\gamma\frac{\delta w}{u^2}\right], \tag{1}$$

$$\frac{d\rho}{\rho} = \frac{\xi}{1-\xi}\left[-\frac{ds}{s} + (\gamma-1)\frac{\delta q}{u^2} + \gamma\frac{\delta w}{u^2}\right], \tag{2}$$

$$\frac{dT}{T} = \xi\frac{\gamma-1}{1-\xi}\left[\frac{ds}{s} + (1-\xi\gamma)\frac{\delta q}{u^2} - \xi\gamma\frac{\delta w}{u^2}\right], \tag{3}$$

$$\frac{dp}{p} = \xi\frac{\gamma}{1-\xi}\left[\frac{ds}{s} - \xi(\gamma-1)\frac{\delta q}{u^2} - \left(1+\xi(\gamma-1)\right)\frac{\delta w}{u^2}\right]. \tag{4}$$

La section sonique cherchée comporte un écoulement continu, avec $\xi = 1$. Les quatre dérivées doivent donc y rester finies, ce qui exige que les quatre expressions entre crochets soient nulles. Elles le sont simultanément, puisque $\xi = 1$, pour

$$\frac{ds}{s} = (\gamma-1)\frac{\delta q}{u^2} + \gamma\frac{\delta w}{u^2},$$

que l'on peut écrire, puisque $u^2 = \gamma RT = \gamma R[2/(\gamma+1)]T_0$,

$$\frac{ds}{s} = \frac{\gamma+1}{2\gamma RT_0}[(\gamma-1)\delta q + \gamma\delta w]. \tag{5}$$

Cette section sonique ne sera au col ($ds = 0$) que si l'on a

$$\delta q = -\frac{\gamma}{\gamma-1}\delta w,$$

relation satisfaite en particulier dans le cas de l'isentropie adiabatique ($\delta q = \delta w = 0$), mais qui ne l'est pas dans le cas de l'isentropie par compensation ($\delta q + \delta w = 0$).

Si la tuyère est de révolution et définie par sa méridienne $r(x)$, on a $s = \pi r^2$,

$ds = 2\pi r . r' dx$, d'où $ds/s = 2(r'/r)dx$, et l'on peut écrire l'équation (5) sous la forme

$$2\frac{r'}{r} = \frac{\gamma+1}{2\gamma RT_0}\left[(\gamma-1)\frac{\delta q}{dx} + \gamma\frac{\delta w}{dx}\right] \tag{6}$$

en faisant intervenir les taux linéaires d'apport de chaleur $\delta q/dx$ et de décoordination $\delta w/dx$ dans l'unité de masse. Elle permet de discuter la position possible de la section sonique en fonction des valeurs de ces taux linéaires, car le premier membre est complètement déterminé en fonction de x par la donnée du profil de la tuyère.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les relations entre les températures d'un chauffage central.* Note ([1]) de M. **André Mondiez**, présentée par M. Joseph Pérès.

Lorsqu'un immeuble chauffé est maintenu en régime permanent, la chaleur qu'il perd par heure à travers ses parois extérieures est égale à la chaleur que lui transmettent ses radiateurs et à la chaleur perdue par le fluide qui circule dans ces derniers. Par conséquent, avec les données d'un projet de chauffage, on peut écrire, si le fluide chauffant est l'eau,

$$(t-\theta)\Sigma q\,S = \left(\frac{T_0+T_1}{2} - t\right)q'S' = P(T_0 - T_1), \tag{1}$$

où t est la température que l'on désire maintenir dans tout l'immeuble lorsque la température extérieure s'abaisse à la valeur θ; S et q les surfaces et coefficients de transmission des diverses parois extérieures; T_0 et T_1 les températures de l'eau à l'entrée et à la sortie des radiateurs; S' et q' la surface totale et le coefficient de transmission des radiateurs; P le débit de l'eau dans l'ensemble des radiateurs.

Le premier terme serait en général d'un calcul compliqué et les relations constituées par (1) ne seraient valables que pour un immeuble déterminé. Par contre, en prenant comme données les températures qui y figurent et qui ont servi à établir le projet de chauffage, on peut trouver des relations plus simples et plus générales. En effet, pour un régime permanent de la même installation, différent de celui du projet et défini par t', θ', T'_0, T'_1 et P', les coefficients q et q' variant extrêmement peu, on a de même

$$(t'-\theta')\Sigma q\,S = \left(\frac{T'_0+T'_1}{2} - t'\right)q'S' = P'(T'_0 - T'_1). \tag{2}$$

Par division membre à membre de (1) et (2), on trouve les relations suivantes entre les températures d'un régime quelconque et les températures du projet suivant le fluide et le mode de circulation employés.

([1]) Séance du 23 décembre 1946.

a. Eau chaude et circulation par pompe. — Le débit est pratiquement indépendant des températures de l'eau et $P = P'$. D'où

$$t' = \frac{(T_0 - t)\theta' + (t - \theta)T'_0}{T_0 - \theta}, \tag{3}$$

$$T'_0 = t' + \frac{T_0 - t}{t - \theta}(t' - \theta'), \tag{4}$$

$$T'_1 = t' + \frac{T_1 - t}{t - \theta}(t' - \theta'). \tag{5}$$

b. Eau chaude et circulation par différence de densités entre eau chaude et refroidie, dite par thermosiphon. — On sait que la charge qui provoque la circulation est proportionnelle à la différence des poids spécifiques de l'eau ρ_1 et ρ_0 à T_1 et T_0 et le débit à $\sqrt{\rho_1 - \rho_0}$ dans la mesure où le coefficient de frottement de l'eau dans les conduites peut être considéré comme indépendant du débit, ce qui est admissible dans ce genre de problèmes. Alors, les seules températures calculables explicitement sont :

$$t' = \frac{T'_0 + T'_1}{2} - \left(\frac{T_0 + T_1}{2} - t\right)\frac{T'_0 - T'_1}{T_0 - T_1}\sqrt{\frac{\rho'_1 - \rho'_0}{\rho_1 - \rho_0}}, \tag{6}$$

$$\theta' = \frac{T'_0 + T'_1}{2} - \left(\frac{T_0 + T_1}{2} - \theta\right)\frac{T'_0 - T'_1}{T_0 - T_1}\sqrt{\frac{\rho'_1 - \rho'_0}{\rho_1 - \rho_0}}, \tag{7}$$

d'où l'on peut tirer T'_0 et T'_1 par approximations successives pour t' et θ' donnés en s'aidant d'une table des valeurs de ρ en fonction de la température.

c. Vapeur. — Sa température reste uniforme dans les radiateurs et ne change généralement pas d'un régime à l'autre; en outre les derniers membres de (1) et (2) n'ont pas à être considérés. On a donc

$$T_0 = T_1 = T'_0 = T'_1 = T, \tag{8}$$

$$t' = \frac{(T - t)\theta' + T(t - \theta)}{T - \theta}. \tag{9}$$

Ces formules permettent de résoudre beaucoup de problèmes que posent l'essai, le réglage et la régulation d'un chauffage central par température extérieure θ' différente de celle θ qui a servi à le calculer. Elles donnent, en particulier, la température t' qui s'établit alors si l'on ne change pas la température T_0 ou T du fluide chauffant. Par exemple, avec les données suivantes qui sont courantes pour l'eau chaude,

$$\theta = -10^\circ, \qquad t = 19^\circ, \qquad T_0 = 90^\circ, \qquad T_1 = 70^\circ,$$

on trouve, entre -10° et $+10^\circ$ à l'extérieur, avec les deux modes de circulation, une variation intérieure de 0°,71 par degré de variation extérieure. Avec la vapeur basse pression, pour laquelle $T = 100^\circ$, on trouve de même 0°,74.

Ces ordres de grandeur sont sans doute différents de ceux qu'on admet généralement, dont on ignore l'origine et qui présentent une discontinuité inexpli-

cable. Mais, ayant utilisé avec succès les formules précédentes pour effectuer des réglages dans des conditions extérieures très différentes de celles du projet (+3° au lieu de −12°), nous pensons qu'elles constituent une bonne approximation.

ASTROPHYSIQUE. — *La charge électrique des naines blanches.* Note ([1]) de M. **Evry Schatzman.**

Eddington a étudié la charge électrique à l'intérieur des étoiles ([2]) et a montré que cette charge est positive, indépendante de la température, ne dépend que de la densité et du poids moléculaire moyen, et a pour expression

$$\sigma = \frac{G(A-m)\rho}{(Z+1)e}. \tag{1}$$

Il est facile de calculer la charge électrique totale d'une étoile à partir de cette expression. On voit que la charge électrique σ correspond à un défaut d'environ un électron par million de tonnes de matière. La question est un peu plus compliquée dans le cas de la matière dégénérée des naines blanches.

Soit T la température d'une naine blanche. Soient φ et ψ les potentiels de gravitation et électrique. Supposons d'abord qu'il n'y a qu'une seule espèce chimique présente. Le nombre par centimètre cube d'atomes de masse A et de charge Ze est

$$n \sim T^{\frac{3}{2}} e^{\frac{A\varphi - Ze\psi}{kT}}$$

avec des conventions contraires pour le potentiel électrostatique et de gravitation. La condition de neutralité électrique exige que Z soit constamment égal au nombre d'électrons par centimètre cube. On a donc

$$T^{\frac{3}{2}} e^{\frac{A\varphi - Ze\psi}{kT}} = b\mathcal{N}.$$

On en tire

$$A\varphi - Ze\psi = kT\left\{\log\left(\frac{\mathcal{N}}{T^{\frac{3}{2}}}\right) + \text{const.}\right\}.$$

Or, dans le modèle habituel de naine blanche, l'étoile est supposée au zéro absolu. On a donc (puisque T l'emporte sur le logarithme)

$$A\varphi = Ze\psi.$$

La charge électrique des naines blanches s'obtient de la façon suivante. On a

$$A\,\Delta\varphi = Ze\,\Delta\psi.$$

([1]) Séance du 14 octobre 1946.

([2]) *Internal Constitution of Stars*, 1re édition, p. 272.

En appliquant la relation de Poisson, il vient

$$\mathrm{AG}\rho = \mathrm{Z}e\sigma,$$

$$(2) \qquad \sigma = \frac{\mathrm{AG}}{\mathrm{Z}e}\rho,$$

d'où, en intégrant sur toute l'étoile, la charge en unités électrostatiques

$$(3) \qquad \mathrm{Q} = \frac{\mathrm{AG}}{\mathrm{Z}e}\mathrm{M}.$$

Il est évident qu'en réalité on doit obtenir, pour la densité de charge, une expression intermédiaire entre (1), correspondant au gaz parfait, et (2), correspondant au gaz dégénéré.

Lorsque l'étoile est composée d'hydrogène et de mélange de Russell, le fait que l'hydrogène est séparé des autres éléments permet le calcul facile de la charge.

Soient X la teneur de l'étoile en hydrogène, M sa masse; on a dans la zone de mélange de Russell

$$\mathrm{Q}_1 = (\mu_e)_1 \frac{\mathrm{G}}{e} \mathrm{M}(1-\mathrm{X}) \neq \frac{2\mathrm{HG}}{e}\mathrm{M}(1-\mathrm{X});$$

dans la zone d'hydrogène

$$\mathrm{Q}_2 = (\mu_e)_2 \frac{\mathrm{G}}{e}\mathrm{MX} \neq \frac{\mathrm{HG}}{e}\mathrm{MX},$$

d'où

$$(4) \qquad \mathrm{Q} = \frac{\mathrm{GH}}{e}\mathrm{M}(2-\mathrm{X}).$$

La charge est extrêmement faible et le résultat obtenu légitime l'approximation faite en supposant la neutralité électrique réalisée. La charge est du même ordre de grandeur que dans les étoiles de la série principale.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Les termes librement déterminés qui doivent compléter les développements limités*. Note (¹) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Lorsqu'une fonction provenant, soit de l'expérience, soit de calculs de physique mathématique, n'est connue que numériquement, il peut être essentiel de la représenter par un développement de forme simple, qui rend plus pratiques les calculs ultérieurs. Il s'agira d'une loi expérimentale qu'on désire représenter par un polynome, ou d'une série à convergence lente qu'il faut sommer, dont on a pu péniblement former les premiers termes, et dont on veut

(1) Séance du 9 décembre 1946.

représenter le terme général par un développement

$$\sum_{i=1}^{i=p} \frac{A_i}{n(n+1)\ldots(n+i)},$$

parce que l'on est ainsi ramené à de faciles opérations de sommation.

En fait, il est exceptionnel que les éléments successifs du développement s'amenuisent régulièrement et arrivent progressivement à zéro. Si cela était, ce serait parfait. Mais, normalement, après le dernier élément constitutif, on passe un peu brutalement à zéro, ou même les éléments vont en croissant. Cela prouve évidemment que le développement est mal choisi, soit que l'on ne connaisse pas le type qu'il eût fallu adopter, soit que ce type soit jugé peu pratique.

L'idée, déjà appliquée dans une Note précédente ([2]) à la traduction d'une loi expérimentale, consiste à prolonger le développement au moyen d'éléments qu'on ne peut déduire des données trop peu nombreuses, mais auxquels on demandera de constituer avec les précédents un développement dont peut-être les éléments iraient d'abord en croissant, mais diminueraient ensuite et tendraient vers zéro; ce qui peut exiger l'intervention d'éléments surajoutés en nombre bien supérieur à 1 ou 2.

Il y a chaque fois un cas d'espèce à examiner. Ce sont les valeurs numériques données, avec leurs particularités, qui fixent l'allure nécessaire des éléments du développement, qui montrent si l'on doit d'abord les laisser croître, et avec quelle rapidité il faudra les faire s'évanouir. Il est donc impossible de donner *a priori* une méthode générale, et, s'il s'il s'agit de sommer *a priori* une série convergente donnée par quelques termes, on peut être assuré que l'expression générale donnée dans une Note antérieure ([3]) $S = u_1 + u_2 + 2u_3 - 10u_4 + 20u_5$, est curieuse, mais ne peut constituer, d'ordinaire, qu'une approximation assez médiocre.

Nous avons appliqué ces considérations (pour vérifier une méthode de calcul en physique mathématique) à la sommation d'une série dont nous connaissons les cinq premiers termes qui, multipliés par 40320, valaient 40320, 6720, 3024, 1800, 1225, série dont nous savions par ailleurs que la somme était $\pi : 2$.

Nous n'utiliserons que les trois derniers termes, car ils manifestent une allure simple : on les représenterait exactement par $36000 : n(n+1)$ pour $n = 3\text{-}4\text{-}5$ s'ils valaient 3000, 1800, 1200 au lieu de 3024, 1800, 1225. Il est curieux de constater que, malgré la petitesse de ces écarts, il faut compléter cette représentation par des éléments en $[n(n+1)(n+2)]^{-1}$ et $[n(n+1)(n+2)(n+3)]^{-1}$ de coefficients considérables. Au lieu de la simple forme $36000 : n(n+1)$, il

---

([2]) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 55.

([3]) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 67.

faut écrire

$$\frac{61320}{n(n+1)} - \frac{312480}{n(n+1)(n+2)} + \frac{n(n+1)(n+2)(n+3)}{1123920}$$

et la somme de la série qu'on en déduit ne vaut que 1,50, au lieu de 1,57.

A ces éléments du développement de coefficients B, — C, D, nous avons alors ajouté un élément $[-E/n(n+1)(n+2)(n+3)(n+4)]$ et un élément $[F/n(n+1)(n+2)(n+3)(n+4)(n+5)]$.

En imposant, pour amorcer les tâtonnements, un coefficient F double de E, et un coefficient E quadruple de D, nous avons obtenu (énorme valeur des coefficients)

$$B = 79160, \quad C = 749560, \quad D = 5619600, \quad E = 22478400, \quad F = 44956800.$$

Le rapport d'un coefficient au précédent prend les valeurs successives 9,5-7,5-4,2-0, suite tout de même plus régulière que la précédente 5-3,5-0. Corrélativement la valeur trouvée pour la série est alors 1,54, en nette amélioration.

Imposons aux coefficients E et F de préférence les conditions $F = 2E$ et $E = 4{,}2\,D$. Il vient

$$B = 84735, \quad C = 886147, \quad D = 7024500, \quad F = 29502900, \quad F = 59005800.$$

Pour nous rendre compte de la « convergence » de ce développement limité (car si les coefficients augmentent, d'un élément à l'autre, il en est de même, par compensation, des dénominateurs), nous calculons que, pour $n = 3$, le terme 3024 apparaît sous la forme

$$7061 - 14769 + 19512 - 11707 + 2927 = 3024$$

et, pour $n = 5$, le terme 1225 est constitué par

$$2824 - 4220 + 4181 - 1951 + 390 = 1225.$$

Le développement est donc très satisfaisant. Le rapport d'un coefficient au précédent prenait d'ailleurs les valeurs successives, assez régulières : 10,5-8-4,2-2-0. Et la valeur trouvée pour la somme de la série est 1,55 contre 1,57 : l'amélioration est croissante.

Le seul inconvénient de cette procédure est d'être un peu lourde, et on ne peut qu'à peine la normaliser *a priori* en donnant les formules de B, C, D, en fonction de E et F. Mais si la méthode est d'un usage un peu pénible, au moins est-elle raisonnable. Elle nous avait permis (²) d'améliorer considérablement la mise en formule d'une loi expérimentale, elle est tout aussi précieuse pour les calculs numériques que le physicien est acculé à conduire à partir de données qu'il trouve toujours insuffisantes.

SPECTROPHOTOMÉTRIE. — *Détermination par photométrie photographique de la répartition de l'énergie dans le spectre ultraviolet des décharges condensées dans les gaz.* Note ([1]) de M. **Jacques Romand**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous nous proposons de préciser les conditions dans lesquelles on peut obtenir correctement, par la méthode photographique, la répartition de l'énergie dans le spectre ultraviolet des décharges condensées dans les gaz à basse pression. La source que nous utilisons a été précédemment décrite ([2]). Une seule étincelle, dont la durée est de quelques microsecondes, suffit pour obtenir un spectre de densité convenable.

Supposons (ce que nous avons vérifié) que les courbes de noircissement des plaques utilisées aient une partie rectiligne suffisante; on peut écrire

$$d = \gamma(\log e t^p - \log e_0 t_0^p),$$

γ, p et $e_0 t_0^p$ dépendant de la longueur d'onde et du mode d'illumination (étincelle brève ou pose de durée relativement longue). La connaissance de ces trois quantités en fonction de λ, dans le cas des étincelles, nous permettrait de déterminer $\log e$ en fonction de λ, c'est-à-dire la répartition des éclairements dans le spectre, dont on déduit simplement la répartition de l'énergie, en tenant compte de la dispersion du spectrographe ([3]) ([4]). Berg a montré ([5]) ([6]) que, pour des temps de pose aussi faibles, il n'y a pas d'écart à la loi de réciprocité, p est égal à 1. D'autre part nous pouvons facilement connaître γ en faisant une série de spectres à temps de pose constant, avec des affaiblisseurs connus. Il nous reste donc à connaître $\log e_0 t_0^p$ en fonction de λ. Cette quantité est l'abscisse du point de rencontre de la droite $d = 0$ avec la droite prolongeant la partie rectiligne de la caractéristique. En toute rigueur on ne peut l'obtenir que par l'étude du spectre fourni par une source de répartition connue et fonctionnant dans les mêmes conditions. Cela est impossible dans notre cas, car il n'existe pas de source de répartition connue ayant une telle brillance.

Mais ce sont seulement les rapports des quantités $e_0 t_0^p$ pour des longueurs d'onde différentes qui nous intéressent. Nous faisons l'hypothèse, justifiée par les résultats obtenus, que ces rapports de seuils ne dépendent pas du mode d'exposition, c'est-à-dire que la sensibilité absolue des plaques peut varier, mais que le rapport de la sensibilité pour une certaine longueur d'onde à celle pour une autre longueur d'onde ne varie pas avec le mode d'exposition. Cette hypothèse s'appuie en partie sur des résultats donnés par Webb ([7]) et déjà

([1]) Séance du 23 décembre 1946.
([2]) H. Muraour, J. Romand et B. Vodar, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 620.
([3]) M. Laporte, *Journ. de Phys.*, 6, 1945, p. 164.
([4]) E. Holm et W. Finkelburg, *Zeits. Physik*, **122**, 1944, pp. 39-49.
([5]) *Proc. Roy. Soc.*, Londres, **124**, 1940, p. 559.
([6]) A. Michel-Lévy, H. Muraour et É. Vassy, *Rev. Opt.*, **20**, 1941, p. 149.
([7]) *J. Opt. Soc. Amer.*, **23**, 1933, pp. 157 et 316.

utilisés ([6]). On peut facilement obtenir $\log e_0 t_0^p$ en lumière continue avec la lampe à hydrogène dont la répartition est connue ([8]).

Nos expériences ont porté sur les plaques Ilford Q_1 et sur les plaques Superfulgur sensibilisées au salicylate par étalement, au moyen d'un coton, d'une solution dans l'alcool méthylique. Ce procédé a l'avantage sur le procédé *au trempe* de ne pas dissoudre la couche antihalo, et de former un vernis épais de salicylate à la surface de la couche sensible, augmentant ainsi les chances d'absorption de la lumière par le salicylate plutôt que par la gélatine; le séchage dure 20 secondes.

En ce qui concerne les plaques sensibilisées, en lumière continue (lampe à hydrogène), on retrouve des résultats connus : le γ est approximativement constant entre 2300 Å (limite de nos déterminations) et 3100 Å, avec des variations inférieures à 10 % autour de la valeur 1,4; il se produit un minimum à 3300 Å (1, 2) et ensuite le γ croît pour atteindre 1,95 à 4400 Å. Le γ' suit des variations parallèles et p est constant et égal à 0,8 à 5 % près de 2300 à 4400 Å. En lumière brève (étincelle), le γ suit des variations parallèles tout en étant plus faible (1 au lieu de 1,4 dans le palier).

En ce qui concerne les plaques Q_1 en lumière continue, γ croît légèrement de 2200 à 2500 Å, est constant (et égal à 0,97) de 2500 à 3200 Å, puis croît, passe par un maximum (1,7) à 3600 Å et redécroît pour atteindre 1,5 à 3900 Å. Le γ' suit des variations parallèles et p est constant et égal à 0,8. En lumière brève, moyennant certaines précautions pour éviter la surexposition dans la région visible du spectre, on observe des variations de γ parallèles à celles observées en lumière continue, mais avec des valeurs absolues plus faibles (0,75 dans le palier). Les courbes représentant $\log e_0 t_0^p$ en fonction de λ sont très différentes pour les deux types de plaques. Pour les plaques Q, cette quantité croît de 2300 à 4000 Å avec un palier de 2500 à 3100 Å. Pour les plaques sensibilisées, $\log e_0 t_0^p$ décroît de 2300 à 4000 Å avec deux minima correspondant à des variations dans l'absorption du salicylate, ainsi que nous l'avons vérifié directement.

Les courbes de répartition (qui seront données ailleurs) obtenues avec les deux types de plaques concordent à 15 % près environ, ce qui, vu les différences considérables dans les propriétés des plaques, constitue une bonne justification de la méthode que nous avons utilisée.

En réalité, l'usage d'une substance fluorescente éviterait dans l'ultraviolet toutes les difficultés provenant de la variation avec la longueur d'onde des propriétés de la plaque. Les résultats que nous indiquons ne réalisent pas entièrement cet espoir parce que la couche de salicylate n'était pas entièrement absorbante. Nous comptons utiliser ultérieurement d'autres procédés pour éviter l'action sur l'émulsion de la lumière non absorbée (usage d'une couche

---

([8]) G. Déjardin et D. Cavassilas, *Cah. Phys.*, 1, 1941, pp. v-49.

fluorescente plus épaisse sur une lame transparente mince en contact avec l'émulsion, ou d'une couche absorbant l'ultraviolet entre l'émulsion et la pellicule fluorescente etc.). Cependant la méthode utilisée jusqu'ici n'est pas loin des conditions idéales prévues.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Champ de discontinuité des ensembles de particules pénétrables*. Note ([1]) de M. **Roger Mérigoux**, présentée par M. Henri Villat.

Poursuivant l'étude ([2]) des ensembles de particules à pénétrabilité limitée, on peut étudier le champ de force, c'est-à-dire la force agissant sur le centre d'une particule de l'ensemble, provenant d'une discontinuité de la densité particulaire $\mathfrak{N}$ ou, d'une manière plus précise, le champ produit par toutes les particules d'un ensemble qui ont leur centre d'un côté du plan $z=0$ et occupant dans ce demi-espace un domaine illimité. Ce champ est symétrique par rapport au plan de discontinuité, car l'intervention de la partie négligée conduirait au champ d'un ensemble homogène et illimité qui est nul en tout point.

Si r_1 est le rayon de la sphère d'impénétrabilité ([2]), le champ Ch s'exprime de deux manières différentes, selon qu'il s'agit de la région I extérieure au domaine $-r_1 < z < r_1$ ou de la région II intérieure à ce domaine. Si $f(r)$ représente la force d'interaction entre deux particules, en posant

$$\mathcal{F}(u)=\int_{u}^{\infty}-f(u)\,du \qquad \text{et} \qquad \mathcal{H}(u)=\int_{u}^{\infty}-u\,\mathcal{F}(u)\,du$$

et en prenant deux axes rectangulaires oz, oCh pour représenter le champ en fonction de la distance au plan $z=0$, on a :

1° dans la région I

$$\text{Ch}(\text{I})=2\pi\,\mathfrak{N}\,\mathcal{H}(z);$$

2° dans la région II

$$\text{Ch}(\text{II})=2\pi\,\mathfrak{N}\left[\mathcal{H}(r_1)-\frac{r_1^2}{2}\mathcal{F}(r_1)+\frac{z^2}{2}\mathcal{F}(r_1)\right],$$

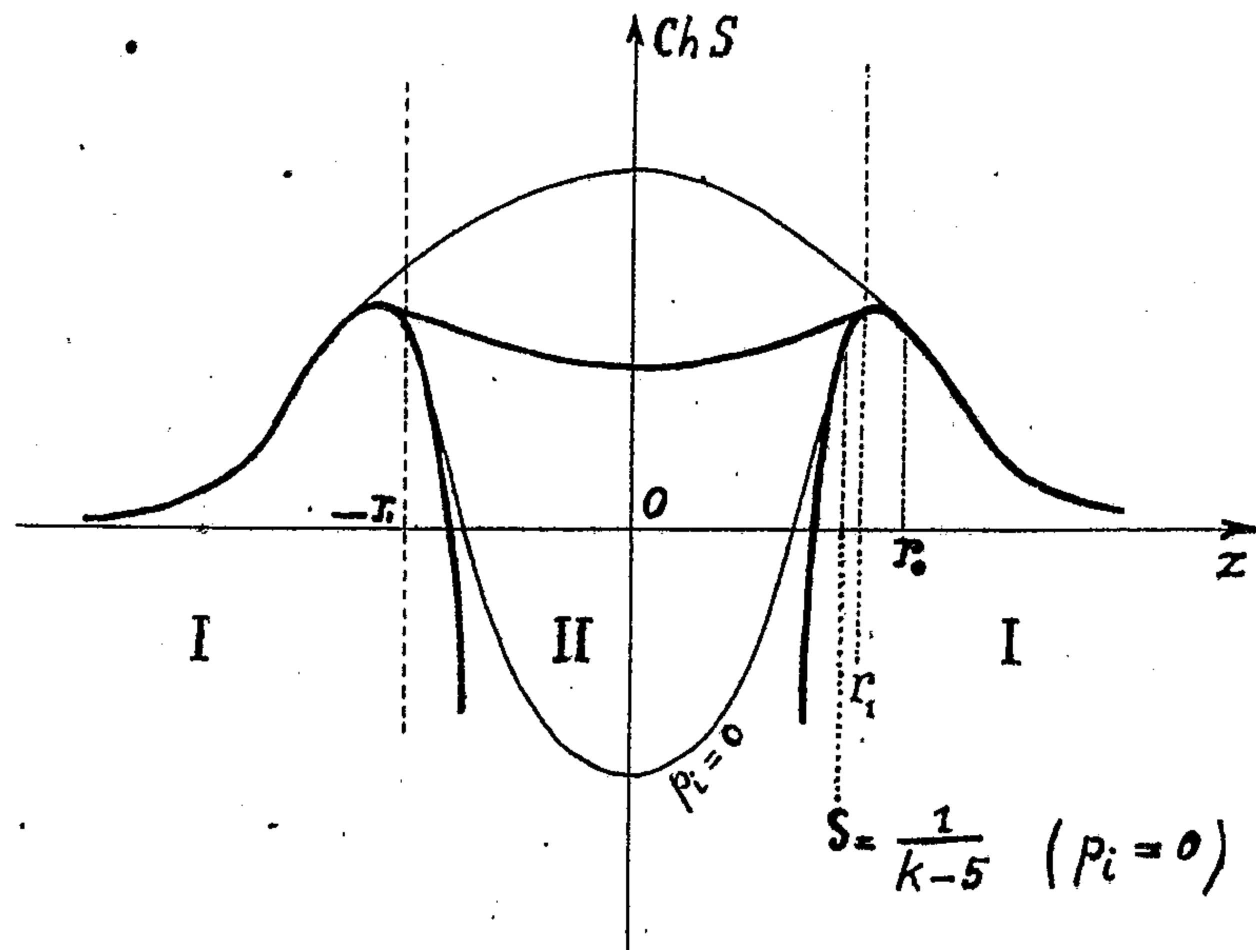
expression qui est fonction de z et qui représente une parabole dont le paramètre et la position sont des fonctions de r_1 ou encore, en posant $r_0=r_1(1+\delta)$, de la pénétrabilité moléculaire δ.

Les courbes Ch(I) et Ch(II) se raccordent à la distance r_1 de part et d'autre du plan $z=0$ (voir figure).

En admettant pour la force d'interaction une représentation de la forme $f(r)=a_k(r^n-r_0^n)/r^k$, on peut étudier complètement les fonctions Ch I et Ch II.

([1]) Séance du 23 décembre 1946.
([2]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 611; **222**, 1946, pp. 57, 138 et 533.

Dans le cas d'une faible pénétrabilité δ, la parabole Ch (II) est faiblement incurvée; mais si la pénétrabilité augmente, les forces répulsives interviennent



de plus en plus et le champ peut devenir répulsif dans la région II. Le travail total d'extraction d'une particule peut même changer de signe si δ dépasse la valeur qui correspond à une pression interne nulle ([2]).

Si l'on considère maintenant que le domaine des $z < 0$ est occupé par un ensemble A et le domaine des $z > 0$ par un ensemble B, on peut leur associer deux champs interfaciaux selon que l'on considère l'action des deux ensembles sur une particule A ou sur une particule B. Chacun de ces champs provient lui-même de la double action des ensembles A et B et peut aisément s'exprimer en fonction des interactions et des pénétrabilités respectives : (AA), (AB) et (BB).

Supposons alors que les pénétrabilités augmentent sous l'influence d'une haute température ou d'une pression extérieure devenant très grande : les résultats indiqués plus haut subsistent pour chacun des ensembles et le champ interfacial, pouvant maintenant résulter de forces répulsives, peut être renversé ou affaibli. Les particules de A, par exemple, qui avaient primitivement tendance à se grouper, tendent maintenant à se disperser au sein de l'ensemble B. Le phénomène inverse peut également se produire. Ces conclusions subsistent aussi bien dans le cas de solides que dans le cas de liquides, mais au sein des premiers, la tendance à migration ne pourra avoir que des effets beaucoup plus lents.

Il est possible que des pressions assez élevées pour produire de tels phénomènes puissent se rencontrer dans les couches profondes de l'écorce terrestre et, sans préjuger en rien des valeurs numériques réelles que peuvent alors

atteindre les champs interfaciaux, on peut dire que du point de vue purement mécanique on peut fort bien concevoir que des ensembles satisfassent aux lois de renversement indiquées ici et puissent conduire à ce que l'on pourrait appeler un *anamigmatisme* (³).

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur le comportement électrique des vapeurs organiques odorantes dans l'air.* Note (¹) de M. et Mme MARCEL GUILLOT, présentée par M. Aimé Cotton.

La plupart des auteurs imaginaient autrefois que les substances odorantes agissaient à distance, sur l'organe de l'olfaction, en émettant des particules d'une nature spéciale. A. Durand (²) crut avoir démontré, au moyen de la méthode des brouillards produits par détente brusque, la présence dans l'air parfumé de centres de condensation de la vapeur d'eau, qu'il identifia à ces particules.

Les recherches très complètes effectuées depuis, sur les conditions de formation des brouillards dans l'atmosphère, nous ont appris (³) que les seules particules solides existant en suspension dans l'air sont des bactéries, des spores végétales ou des microcristaux. Les autres centres de condensation sont des ions gazeux, formés par paires, soit sous l'action de rayonnements cosmiques ou radioactifs, soit sous l'action d'ultraviolet de courte longueur d'onde. Les faits signalés par Durand demandent donc à être révisés.

Cependant, même dans l'hypothèse où les composés organiques n'émettaient dans l'air que des molécules isolées normales, il est à priori possible d'envisager deux modes de création de tels centres : 1° par adsorption intense des molécules odorantes sur les poussières solides existant *déjà* dans l'air, avec augmentation de leur diamètre, et peut-être de leur mouillabilité (⁴); 2° par oxydation dans l'air, d'une partie des molécules vaporisées, avec production d'un rayonnement ultraviolet très ionisant, du genre de ceux qu'a mis en évidence R. Audubert (⁵). Cette dernière hypothèse se rencontrerait avec celle d'auteurs qui ont attribué à de tels rayonnements l'action des substances odorantes sur la muqueuse olfactive (⁶). On a d'ailleurs constaté que, dans certaines séries organiques, l'odeur marchait de pair avec l'oxydabilité (⁷).

(³) A rapprocher de l'hypothèse d'un état oligophasé : L. GLANGEAUD, *C. R. Soc. Géol. Fr.*, 15, 1945, pp. 216-217.

(¹) Séance du 23 décembre 1946.
(²) *Comptes rendus*, 166, 1918, pp. 129 et 532.
(³) E. SALLES, *La Météorologie*, 125, 1935, p. 349.
(⁴) M. GUILLOT, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 166.
(⁵) *Comptes rendus*, 202, 1936, pp. 131 et 406.
(⁶) A. HEYNINX, *Essai d'olfactique physiologique*, Bruxelles, 1919, p. 249.
(⁷) A. ANGELI et A. POLOBRINI, *Gaz. chim. Italian.*, 61, 1931, p. 276.

Comme il s'agissait en somme de savoir si les vapeurs odorantes se comportaient pratiquement à la manière de gaz radioactifs, nos expériences ont utilisé les techniques très sensibles de la radioactivité.

Dans la chambre à détente de Wilson, utilisée dans les conditions où presque aucune condensation spontanée n'apparaît ([8]) (air filtré, saturé d'eau pure, variation de volume d'un tiers par détente, éclairage bref), nous n'avons observé aucune formation de brouillard, en présence de vapeurs odorantes diverses (citral, camphre, vanilline, menthol, scatol). Le résultat étant très net, et les conditions très voisines de celles de Durand, nous pouvons conclure à une erreur de sa part, attribuable à la présence de poussières étrangères à la surface du camphre qu'il utilisait.

On peut toutefois craindre qu'une *très faible* action ionisante ne passe ici inaperçue, dans cette expérience très brève. Nous avons donc tenu à faire des essais prolongés, à l'intérieur d'une chambre d'ionisation α, parfaitement inactive. Comme appareil détecteur du courant d'ionisation, nous avons utilisé un simple électroscope Curie-Laborde, neuf et très sensible.

Les premiers essais nous ont montré l'existence d'un courant de décharge, souvent important, dont l'intensité augmente beaucoup au voisinage de la saturation de l'air en vapeur de la substance considérée. Ce phénomène est aussi accentué dans les gaz chimiquement inertes (CO_2, H_2) que dans l'air ou l'oxygène. La production d'un rayonnement par processus d'oxydation ne peut donc être en cause. Nous avons pensé qu'il y avait en réalité, non pas conductibilité de l'air, mais défaut d'isolement de l'électrode centrale : la vapeur organique, en s'adsorbant sur l'ambre isolant, formerait un film superficiel conducteur. De fait, en balayant l'ambre, pendant la mesure, par un petit courant d'air pur filtré, on supprime aussitôt le phénomène.

Il est cependant surprenant de constater que des substances très fortement *isolantes*, comme l'hexane normal, ou le tétrachlorure de carbone, possèdent cette propriété. Il ne peut alors s'agir que d'une condensation *secondaire* d'un film d'eau (provenant de l'humidité partielle de l'air) *sur* le film organique déjà adsorbé ([3]). C'est bien ce qu'on vérifie : en supprimant toute trace d'eau dans la chambre, on réduit presque à zéro l'intensité du courant de fuite. Par contre, après contact de plusieurs heures avec des vapeurs de substances très adsorbables et peu volatiles (coumarine, acide valérique), on constate, même après balayage par l'air *sec*, que le courant de fuite est négligeable, tandis qu'en présence d'air humide ajouté *ultérieurement*, on obtient une brusque décharge. Sur une chambre analogue vierge, le même air humide est sans effet. C'est donc bien après adsorption de la substance organique que l'ambre est devenu si sensible à l'humidité.

Ce phénomène accessoire une fois tiré au clair, nous avons constaté qu'en

([8]) C. T. R. Wilson, *Proc. Roy. Soc.*, A, 85, 1912, p. 285.

son absence, aucune conductibilité anormale de l'air n'était décelable, en présence de substances odorantes très variées. Même, les conductibilités d'un air riche en poussières ou d'un air ionisé — soit par un rayonnement γ, soit par l'ozone — conservent la même valeur, en l'absence ou en présence de ces vapeurs organiques, dont le seul effet est de modifier légèrement la constante diélectrique de l'air.

Il n'apparaît donc aucun phénomène électrique spécial dans l'air chargé de vapeurs organiques odorantes, en relation avec l'ionisation de l'air, la présence d'ozone, ou l'existence de centres de condensation de la vapeur d'eau.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Dispersion statistique des groupes de trajectoires ionisantes dans les émulsions photographiques.* Note [1] de M. **Pierre Cüer**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Soit un groupe de trajectoires assimilable pour le calcul de la dispersion longitudinale à la distribution statistique équivalente de Laplace-Gauss $n = N/\alpha\sqrt{\pi}\,[e^{-(R-R_0)^2/\alpha^2}]$, où N est le nombre total de traces; n le nombre de trajectoires correspondant au parcours R; R_0 le parcours moyen. α le coefficient absolu de *straggling*, analytiquement déviation standard $\sqrt{2}$; graphiquement $R - R_0$ pour ordonnée $= n_{max}/e$ et $\alpha/R_0 = \rho$, coefficient relatif ou paramètre de straggling. Pour le calcul du straggling relatif à l'air d'un élément Z, nous avons établi la méthode suivante.

Straggling différentiel et moyen d'un élément Z. — Les théoriciens [2] calculent ordinairement la déviation standard P de la distribution d'éléments différentiels d'énergie ΔT dans la traversée d'une même épaisseur Δx. Or, $(\Delta R - \Delta_0 R)^2_{moy} = (\Delta T - \Delta_0 T)^2_{moy}(\Delta R/\Delta T)^2$,

$$\Delta(\alpha^2) = 2P\,\Delta x\left(\frac{\Delta R}{\Delta T}\right)^2, \qquad \Delta(\rho^2) = \frac{2P}{\Delta x}\left(\frac{\Delta R}{\Delta T}\right)^2, \qquad \Sigma\,\Delta(\alpha^2) = \alpha^2,$$

d'où

$$\alpha^2 = 2P\int_0^T \left(\frac{dR}{dT}\right)^3 dT, \qquad \rho^2 = \frac{2P}{R^2}\int_0^T \left(\frac{dR}{dT}\right)^3 dT.$$

Straggling d'un élément Z par rapport à l'air. —

$$\Delta\frac{(\alpha^2)}{(\alpha_0^2)} = \frac{P}{P_0}\left(\frac{\Delta R}{\Delta R_0}\right)^3, \qquad \Delta\frac{(\rho^2)}{(\rho_0^2)} = \frac{P}{P_0}\,\frac{\Delta R}{\Delta R_0},$$

$$\frac{(\alpha^2)}{(\alpha_0^2)} = \frac{P}{P_0}\left(\frac{dx}{dx_0}\right)^3_{moy}, \qquad \frac{(\rho^2)}{(\rho_0^2)} = \frac{P}{P_0}\,\frac{R}{R_0}.$$

---

(1) Séance du 2 décembre 1946.

(2) N. Bohr, *Phil. Mag.*, 30, 1915, p. 581; Livingston et Bethe, *Rev. of mod. Phys.*, 9, 1937, p. 283.

En première approximation

$$\Delta\frac{(\rho^2)}{(\rho_0^2)} = \frac{1}{s}\,\frac{Z}{7.22},$$

$$\frac{\rho^2}{\rho_0^2} = \frac{1}{S}\,\frac{Z}{7.22} \quad \text{pour } Z > 13, \qquad \Delta\frac{(\rho^2)}{(\rho_0^2)} = \frac{A}{B - L(Z)},$$

s, S, pouvoirs d'arrêt atomiques relatifs différentiels et moyens (³)

$$A = L\left(\frac{2mv^2}{7{,}22.11{,}6}\right), \qquad B = L\left(\frac{2mv^2}{11{,}6}\right)$$

(m, masse électron; v, vitesse; L, log nép.). Pour les émulsions les plus concentrées; ce straggling relatif est 1,2 fois celui de l'air.

Straggling causé par l'hétérogénéité des pouvoirs d'arrêt des éléments constituant l'émulsion sensible. — Dans le cas d'une plaque à grains homogènes, dont l'émulsionnement suit les lois de la probabilité, la variance résultante est la somme des variances statistiques non primitivement corrélatives, causées par la fluctuation : 1° du nombre de grains dans des éléments égaux; 2° des diamètres moyens équivalents des grains; 3° du parcours moyen effectivement traversé par grain; 4° de l'incertitude de début et de fin des trajectoires. Ces variables étant reliées par $L = 2/3\, dn(a - b) + Rb$, L, parcours en air de la particule; d, diamètre moyen équivalent des grains; n, nombre de grains; a, b, pour la vitesse donnée de la particule, parcours moyens air équivalents à 1μ de BrAg et gél.; R, parcours en μ dans l'émulsion.

Pour des émulsions concentrées à grains fins réalisées avec soin, la variation du premier facteur est prédominante. Sa distribution suit la loi dissymétrique de Poisson jusqu'à environ 12 grains. Ensuite elle tend vers une distribution de Laplace-Gauss presque symétrique dans le cas des Ilfords concentrées. En première approximation, pour des parcours R assez longs justifiant l'emploi des probabilités continues dans l'évaluation des facteurs 2° et 3°, le coefficient absolu du straggling dû seulement à l'hétérogénéité est

$$\alpha_{\text{hét}} = \left\{\left(\frac{2\sqrt{2}}{3}\left(\frac{a-b}{b}\right)^2\left(\frac{3}{2}\,\frac{m_a}{d_a}\,\frac{R}{\bar{d}}\right)\left[k\,\bar{d}^2\left(1 - \frac{m_a}{d_a}\right) + \sigma_{\bar{d}}^2 + \frac{\bar{d}^2}{16}\right] + 4\,i_m^2\right\}^{\frac{1}{2}},$$

$1 > k \to 1$ quand $m_a \searrow$, $\bar{d} \searrow$, ou $R \nearrow$. Le terme i_m, intervalle moyen granulaire, n'existe pas pour les particules α dans les plaques concentrées. Pour les α dans les non concentrées $i_m = [(d_a/m_a) - 1]\, 2/3\, \bar{d}$; $\sigma_{\bar{d}}$ déviation standard de la courbe équivalente de distribution des diamètres des grains (elle peut se déduire expérimentalement des courbes de distribution des grains à parcours

(³) P. Cüer, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1121.

constant ([1]); m_0, d_0, masse du composé d'argent par centimètre cube et densité.

Alors que, pour les plaques non concentrées, α_{tot} paraît constant sur une grande gamme de parcours en raison de la prédominance du deuxième terme, α_{tot} croît sensiblement avec R, dans les concentrées, ce que l'expérience vérifie ([2]). Même dans le cas de trajectoires strictement rectilignes, pour lesquelles cette formule est valable (l'étude de l'influence de la courbure des trajectoires due aux chocs élastiques sera envisagée dans la discrimination protons-mésons dans la plaque), la variation de l'asymétrie, parfois dépendante aussi du choix d'intervalles, indique de considérer, dans un même groupe, la moyenne et la valeur la plus probable pour la détermination de la précision totale (non l'erreur statistique simple couramment employée).

Au point de vue du *straggling*, à tout autres conditions égales (notamment même diamètre des grains), il est plus avantageux d'employer des plaques peu concentrées dans l'étude des protons de grande énergie et des mésons.

CHIMIE PHYSIQUE. — *États de dispersion du polonium dans l'eau, l'alcool et l'acétone*. Note ([1]) de MM. **Georges Bouissières**, **Raymond Chastel** et **Léopold Vigneron**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Principe de la méthode employée. — Nous avons immergé pendant 5 minutes des plaques Ilford *Half tone concentrated* dans les solutions polonifères à étudier ([2]). Ces plaques, séchées, furent développées quatre jours après leur imprégnation : chaque particule α émise par un atome de polonium désintégré pendant ces quatre jours a laissé une trace dans l'émulsion. L'observation microscopique permet donc de savoir si les atomes de polonium étaient groupés en amas ou isolés dans la solution imprégnante.

En supposant une solution colloïdale contenant des micelles de chacune 10 atomes de polonium, compte tenu de la période de ce corps, on observerait sur une plaque traitée dans les conditions ci-dessus la répartition suivante des traces de particules α : 82 traces isolées, 15 groupes de 2 traces issues d'un même point, 2,5 groupes de 3 traces, 0,5 groupe de 4 traces, etc.

La méthode de la plaque photographique permet donc de déceler la présence de petits amas que ne révélerait pas la centrifugation des solutions.

Solutions de polonium utilisées. — Nous avons évaporé à sec 3 gouttes d'une solution très pure HCl 0,3 N de polonium, repris à chaud les résidus invisibles

---

([1]) P. Cüer, *Dip. Ét. Sup.*, Lyon, 1942.

([2]) P. Cüer, Fowler et Lattes, *Proc. Roy. Soc.* (sous presse).

([1]) Séance du 2 décembre 1946.

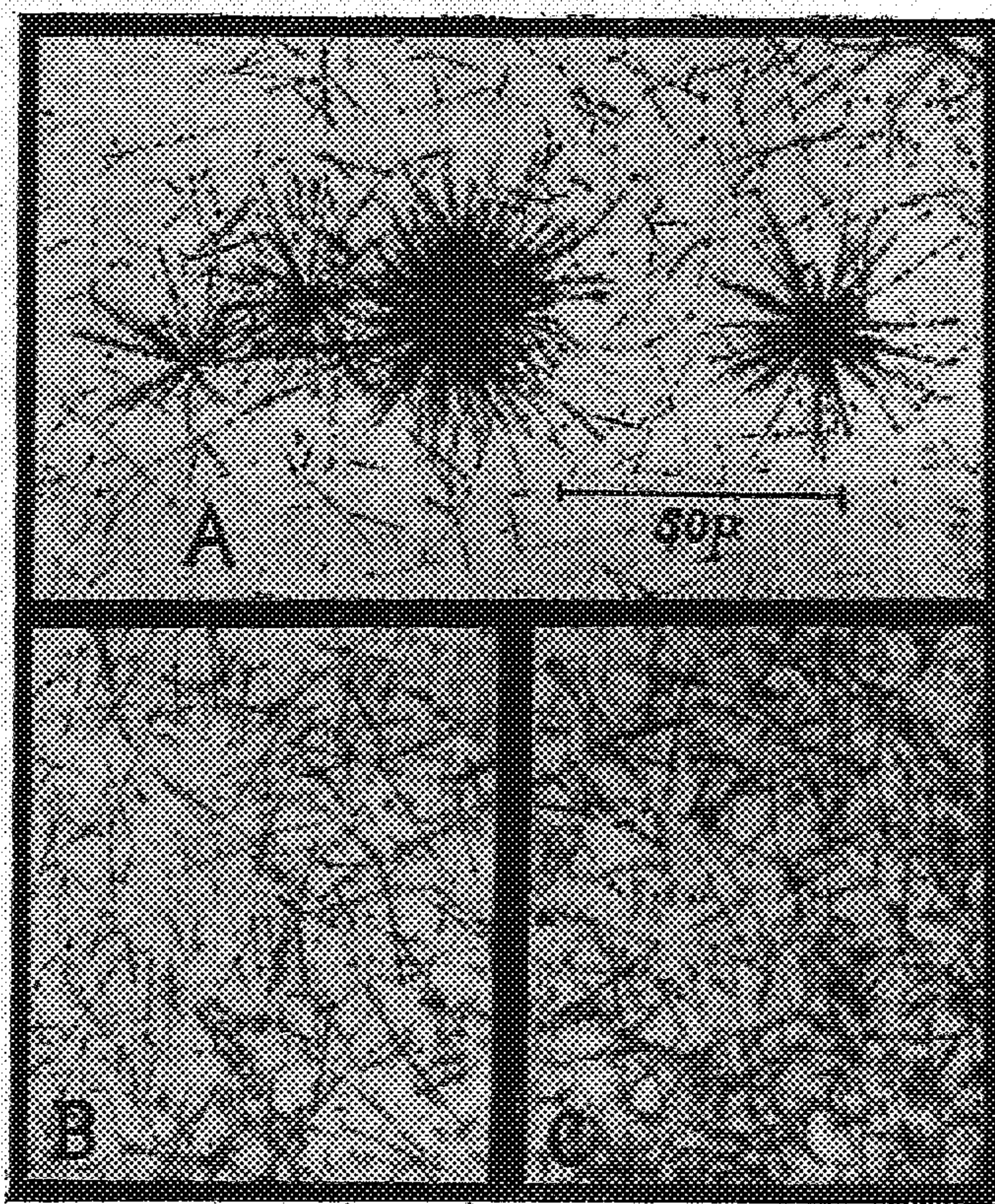
([2]) Tsien San-Tsiang, R. Chastel, H. Faraggi et L. Vigneron, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 571.

par l'eau distillée, l'alcool absolu et l'acétone anhydre, réalisant ainsi trois solutions sensiblement de même concentration en Po (soit 0,01 u. é. s. $\# 5.10^9$ atomes/cm^3).

Résultats expérimentaux. — Chacune de ces trois solutions a fait l'objet de deux expériences, l'une 15 minutes après sa préparation, l'autre après un vieillissement de trois jours.

Eau. — 1° *Avec la solution fraîche*, on observe sur la plaque quelques groupements d'atomes assez peu nombreux parmi un feutrage dense de traces isolées.

2° *Avec la solution vieille de trois jours*, le feutrage des traces isolées a considérablement diminué, tandis que le nombre des amas a beaucoup augmenté; on en observe environ 3500 par centimètre carré de plaque, et le nombre d'atomes par amas varie entre quelques centaines et plusieurs millions (compte tenu que seulement 2 % des atomes de polonium présents dans l'émulsion se sont désintégrés pendant les quatre jours précédant le développement). M^lle Chamié avait déjà obtenu de tels amas avec des solutions de polonium voisines de la neutralité (³).



(³) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1277.

Ceci traduit, pensons-nous, un phénomène d'hydrolyse du sel de Po dissous et *la transformation avec le temps de la solution en solution colloïdale*.

Acétone et alcool. — On observe uniquement un feutrage uniforme, plus dense qu'avec l'eau (avec cependant quelques très rares groupements dans la solution acétonique). Nous n'avons pas observé, dans ces deux cas, de différence entre les plaques obtenues avec la solution fraîche ou la solution vieillie de trois jours.

Le polonium se trouverait donc dans ces solvants, *à l'état soluble proprement dit*, et les solutions obtenues paraissent stables.

Photographies. — Les photographies ci-jointes sont des agrandissements des plaques obtenues avec les solutions vieilles de 3 jours (A, eau; B, alcool; C, acétone).

Conclusion. — Les résultats que nous avons obtenus par la méthode photographique sur l'état de dispersion du polonium dans ces solutions confirment, avec une méthode plus sensible, ceux obtenus par centrifugation [eau, M^lle^ Korvezée ([4]); alcool et acétone, M. Bouissières, résultat non encore publié].

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'activité chimique de l'hydrogène désorbé par le palladium et ses alliages.* Note ([1]) de MM. **Jacques Bénard** et **Philippe Albert**, présentée par M. Paul Lebeau.

La surface d'une lame de palladium saturée d'hydrogène et exposée à l'air est le siège d'une désorption spontanée qui s'accompagne d'une combustion lente. L'un de nous a montré ([2]) qu'il était possible de suivre, au moyen d'une microbalance, la perte de poids qui résulte du départ de l'hydrogène et de tracer des isothermes de désorption à la température ordinaire. On sait d'autre part qu'en présence d'une solution oxydante, la désorption s'accompagne d'une réduction du réactif. Nous nous sommes proposé de mettre à profit cette propriété pour étudier plus spécialement la désorption de la fraction de l'hydrogène qui est doué d'une activité chimique.

Le métal en feuilles minces (1/10 de millimètre) est saturé d'hydrogène par électrolyse à la cathode d'un bain acide. Chaque échantillon est suspendu à une tige de verre et immergé dans un volume déterminé du réactif de titre connu. A intervalles égaux, le métal est changé de récipient et la réduction du réactif est déterminée par titrage. On effectue dans chaque cas un essai à blanc en présence d'un échantillon identique mais exempt d'hydrogène. On trace des

([4]) *Journ. Chim. Phys.*, 30, 1933, p. 130.

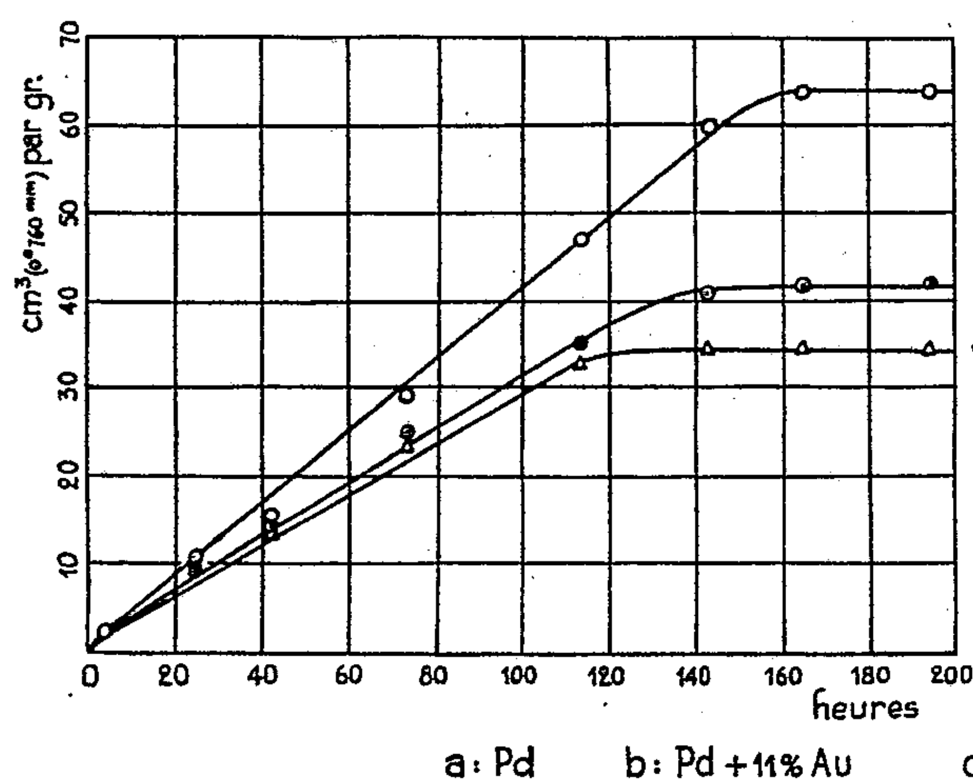
([1]) Séance du 23 décembre 1946.

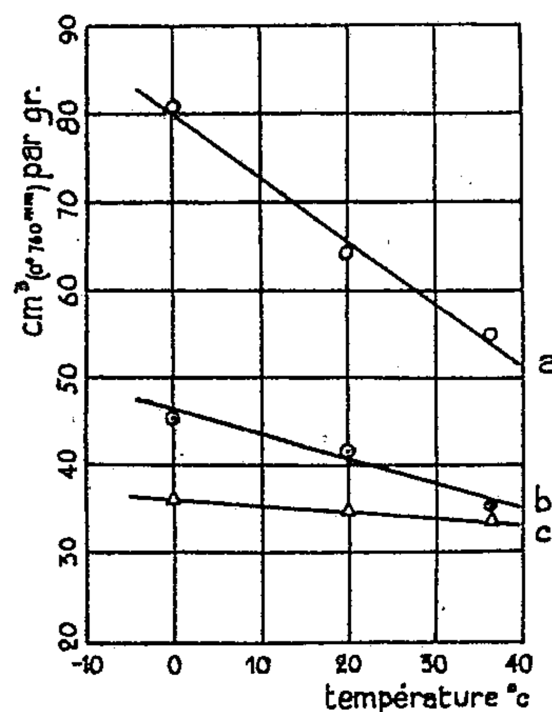
([2]) Bénard et Talbot, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 493.

courbes donnant la quantité totale d'hydrogène actif désorbé par le métal en fonction du temps. Ces essais ont été réalisés à trois températures différentes (0°, 20°, 37°), en plaçant les vases à réaction dans une enceinte isotherme.

Les solutions oxydantes employées sont la solution décinormale de sulfate ferrique et la solution sulfurique décinormale de permanganate de potassium. Les chiffres obtenus pour une expérience déterminée dépendent dans une certaine mesure de la nature du réactif. Avec le sulfate ferrique, les résultats sont reproductibles et comparables entre eux; avec le permanganate, ils ne le sont qu'aux températures les moins élevées.

Nous avons donné à titre d'exemple la courbe de désorption du palladium pur à 20° dans $(SO_4)_3Fe_2$ N/10 (*fig.* 1 *a*). On remarquera l'allure sensiblement linéaire de cette courbe, ce qui montre que le départ de l'hydrogène





a: Pd b: Pd + 11% Au c : Pd + 25% Au

Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Variation, en fonction du temps, du volume d'hydrogène actif désorbé rapporté à 1g de métal.

Fig. 2. — Variation, en fonction de la température, du volume maximum d'hydrogène actif désorbé rapporté à 1g de métal.

est subordonné au processus purement superficiel de la désorption et non pas à la diffusion à l'intérieur du métal. On constate un arrêt définitif de l'activité réductrice au bout de 200 heures environ. L'ordonnée maximum indique la quantité totale d'hydrogène actif désorbée par l'échantillon; pour un métal saturé à 20°, elle correspond environ à 0,9 atome H pour 1 atome Pd. Or, la quantité totale d'hydrogène contenue dans un métal saturé dans ces conditions, et déterminée par la méthode Chaudron ([3]) est de 0,75 atome H pour 1 atome Pd. Donc 80 % au moins de l'hydrogène est désorbé sous une forme

([3]) Chaudron, Portevin et Moreau, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 235; Michel Bénard et Chaudron, *Bull. Soc. Chim. France*, 12, 1945, p. 336.

active dans la solution; la fraction moléculaire, 20 %, n'apparaît, semble-t-il, qu'au début de la désorption, immédiatement après l'arrêt de l'électrolyse.

Lorsque la température s'élève, la vitesse de désorption s'accroît comme on pouvait le prévoir, mais la quantité totale d'hydrogène actif mesurée diminue (*fig.* 2). Ce fait résulte de la désactivation plus rapide à chaud de l'hydrogène dans la solution, au détriment de l'activité réductrice. Une étude analogue, faite sur deux alliages palladium-or contenant respectivement 11 % et 25 % Au en poids, montre que cette influence de la température s'atténue lorsque la teneur en or augmente. En particulier, pour l'alliage à 25 % Au, la quantité totale d'hydrogène actif désorbé est presque indépendante de la température.

Si la teneur en or augmente, la quantité totale d'hydrogène actif désorbé à une température donnée (0°, 20°, 37°) diminue (*fig.* 1 *b*, *c*). Pour ces alliages, on observe, comme pour le palladium pur, un accroissement de la vitesse de désorption avec la température.

Nous avons d'autre part cherché à voir si l'activité chimique de l'hydrogène désorbé est strictement localisée à la surface du métal. Dans ce but, l'échantillon, au lieu d'être immergé dans la solution titrée oxydante, est suspendu au-dessus de cette solution et lavé avec de l'eau distillée tombant goutte à goutte. Le titrage de la solution montre, après plusieurs heures d'écoulement, que l'activité réductrice s'est exercée à distance par l'intermédiaire de l'eau distillée. Un essai à blanc, effectué dans les mêmes conditions avec du palladium exempt d'hydrogène, donne un résultat négatif. Entre 0° et 30°, l'activité réductrice à distance, déterminée avec ce dispositif, décroît lorsque la température s'élève, pour la raison signalée plus haut à propos des essais par immersion.

La méthode décrite dans cette Note permet donc de suivre la désorption de l'hydrogène doué d'une activité chimique à la surface du palladium et de ses alliages à différentes températures. Les faits observés conduisent à admettre que cet hydrogène se trouve à l'état atomique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dissociation thermique de la dolomite. Influence de faibles quantités de fondants.* Note (¹) de M. YVAN SCHWOB, présentée par M. Charles Mauguin.

L'analyse thermique par perte de poids a été effectuée avec enregistrement photographique, la substance étant maintenue dans une atmosphère de gaz carbonique.

L'analyse thermique différentielle classique a été nettement améliorée en introduisant le couple mesurant la température *dans la substance réagissante* et

(¹) Séance du 23 décembre 1946.

non dans la poudre inerte. Ceci permet d'inscrire en abscisse, la température *réelle* de la substance analysée et non celle du four; ainsi, lorsqu'une réaction endothermique se produit, le spot décrit une branche de courbe quasi verticale, dont l'abscisse peut être déterminée avec précision. Les crochets d'analyse thermique sont alors asymétriques, mais présentent toujours une première branche pratiquement indépendante de la vitesse de chauffe. Dans le cas particulier où la dissociation est univariante, cette température est celle de l'inversion de l'équilibre.

L'étude de la dissociation de divers échantillons de dolomite bien cristallisés, pratiquement purs, a donné les résultats suivants :

1. L'édifice dolomitique est stable jusqu'à 770°. Vers 780°, il subit une première dissociation

$$\text{(I)} \qquad CO_3Ca.CO_3Mg \rightarrow CO_3Ca + MgO + CO_2.$$

Cette réaction se produit d'une manière presque explosive, comme si le composé initial était demeuré en équilibre instable au-dessus de la température de dissociation de la giobertite (630°). Elle est, d'autre part, *irréversible*; les mesures de tension de dissociation [2] effectuées sur un système : dolomite dolomite cuite-CO_2, supposé en équilibre, sont, par conséquent, sans signification thermodynamique.

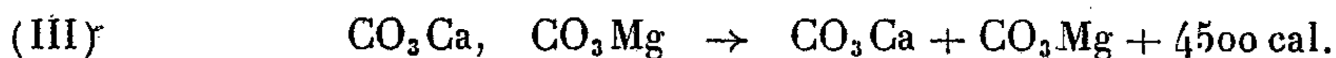
2. Vers 900°, une deuxième dissociation intervient, cette fois réversible

$$\text{(II)} \qquad CO_3Ca \rightleftharpoons CaO + CO_2.$$

Influence de certains sels sur la dissociation de la dolomite. — L'addition à la poudre de dolomite de carbonate de soude ou de potasse dans une proportion de 5 % bouleverse complètement sa dissociation : vers 630°, la réaction (I) s'amorce déjà; elle est totale avant 800°, donc *avant le point de fusion du carbonate ajouté* ou de ses solutions solides avec la calcite.

Quant à la deuxième décarbonatation, elle se produit normalement à 900°, la faible quantité de fondant ajoutée ne modifiant pas sensiblement la tension de dissociation de la calcite.

Ainsi, une proportion relativement faible d'un carbonate alcalin provoque, à l'*état solide*, une décomposition prématurée de l'édifice dolomitique. Ce fait semble prouver que la dolomite ne se maintient au-dessus de la température de dissociation de la giobertite que dans un état métastable, confirmant l'hypothèse déjà formulée plus haut. La dissociation exothermique du carbonate double en ses deux constituants serait ainsi déplacée dans le sens de la formation du CO_3Mg, lui-même instable au-dessus de 630°



$$\text{(III)} \qquad CO_3Ca, \; CO_3Mg \rightarrow CO_3Ca + CO_3Mg + 4500\,\text{cal}.$$

---

(2) A. E. Mitchell, *Journ. Chem. Soc.*, 123, 1923, p. 1887.

L'action catalytique du carbonate alcalin doit être reliée à son aptitude à donner avec la calcite des solutions solides stables.

J'ai constaté qu'avec 1 % de CO_3Na_2, la dissociation de la dolomite est encore totalement bouleversée; au-dessous, malgré une répartition aussi homogène que possible de l'adjuvant à la surface de la poudre, le phénomène ne se produit que partiellement; avec 0,1 % de CO_3Na_2, les 9/10 de la poudre se sont décomposés normalement.

D'autres sels provoquent également une modification sensible dans la dissociation de la dolomite : 1 % de chlorure ou de fluorure de sodium suffit pour amorcer vers 680° sa décarbonatation. L'action de ces sels qui ne donnent pas de combinaisons mixtes avec la calcite, mais qui interviennent peut-être à l'état de vapeurs, est moins nette. Nous la décrirons ultérieurement.

Conclusions. — La dolomite pure se dissocie en deux échelons, vers 780° et 900°; seule la deuxième décarbonatation est réversible.

L'addition de carbonate de sodium ou de potassium, dans une proportion minimum de 1 %, catalyse la décomposition de la dolomite en ses deux constituants; la dissociation s'effectue alors pratiquement comme s'il s'agissait d'un mélange physique de deux carbonates; la dolomite pure ne se maintiendrait donc au-dessus de la température de dissociation de la giobertite que dans un état métastable, ce qui expliquerait le caractère explosif de sa première dissociation.

Remarque à propos de la Note de M. Yvan Schwob,
par M. **Charles Mauguin**.

L'étude de la dissociation thermique de la dolomie, au moyen de la balance de M. Guichard, a fait l'objet du diplôme d'Études supérieures de M[lle] Simone Fagueret, en 1940 (1).

Elle a reconnu l'existence de deux temps dans la dissociation : décomposition irréversible de CO_3Mg suivie de la décomposition réversible de CO_3Ca. Mais *ces deux temps ne sont nettement séparés* que si l'on opère en présence de gaz carbonique sous une pression de CO_2 égale à 760mm de mercure; la décomposition de CO_3Mg est totale au-dessous de 810°, alors que la dissociation réversible de CO_3Ca n'a lieu que vers 890-900°.

Ce qu'il y a de vraiment nouveau dans la Note de Yvan Schwob, c'est l'action des fondants sur l'allure du phénomène.

---

(1) *Sur la dissociation de la dolomie* (*Diplôme d'Études supérieures*, N° 927, Paris, 12 octobre 1940).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cristallisation et polymérisation. Formation du polyacétaldéhyde.* Note de MM. **Maurice Letort**, **Xavier Duval** et **Yves Rollin**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Dans une Note antérieure (1) nous avons décrit un procédé empirique permettant de préparer avec un rendement notable le polyacétaldéhyde, produit observé pour la première fois en 1933 (2). Nous ne disposions pas, à l'époque, de l'appareillage nécessaire à une étude précise de l'influence de la température sur cette polymérisation. Nous avons dû nous contenter de dire qu'elle se fait « vraisemblablement à une température voisine du point de solidification de l'acétaldéhyde (— 123°,5 C.) ».

Grâce à un cryostat récemment construit (3), nous avons pu étudier le phénomène avec plus de précision et nous sommes actuellement en mesure d'affirmer un nouveau fait expérimental dont l'importance théorique paraît dépasser le cas spécial du polyacétaldéhyde : à savoir que *la cristallisation est nécessaire à la formation du polymère.*

Nous avons maintenu de l'aldéhyde acétique liquide pendant 50 minutes à une température légèrement supérieure (— 121°,5 à — 122° C.) au point de cristallisation sans qu'il se forme de polymère. L'aldéhyde maintenu en surfusion pendant 65 minutes jusqu'à — 127° C., puis réchauffé au-dessus du point de fusion sans qu'il y ait eu cristallisation, ne présente pas non plus trace de polymérisation. D'une manière générale, nous n'avons jamais observé, dans de multiples expériences, la formation de polyacétaldéhyde sans qu'il y ait eu cristallisation. Cette condition n'est sans doute pas suffisante, mais elle est nécessaire. Le polymère, quand il se forme, se fait alors rapidement, la durée totale de l'expérience n'excédant pas 20 minutes.

Toutes ces expériences ont été faites sur de l'aldéhyde acétique fraîchement préparé par dépolymérisation du paraldéhyde et dégazé avec soin, dans des conditions toujours comparables, sous un vide de l'ordre du dixième de mm de Hg. Il n'est pas exclu que ce produit soit souillé de traces d'oxygène, mais nous avons antérieurement montré (4) que la polymérisation est indépendante, du moins qualitativement, de la présence éventuelle d'oxygène.

Nous étudions actuellement en détail l'influence des conditions d'expérience, et tout spécialement l'influence de la température sur le rendement de la polymérisation. Le simple fait rapporté ici que la polymérisation est concomitante

(1) M. Letort et X. Duval, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 58.

(2) M. Letort, *ibid.*, 202, 1936, p. 767 ; M. W. Travers, *Trans. Far. Soc.*, 32, 1936, p. 246.

(3) X. Duval et M. Letort, *Communication à la Section lorraine de la Société Chimique de France*, juin 1946.

(4) M. Letort et X. Duval, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 608.

de la cristallisation permet cependant d'affirmer, d'ores et déjà, que le mécanisme de formation du polyacétaldéhyde est nettement différent des autres mécanismes de polymérisation actuellement connus. Ce fait suggère que, soit l'énergie libérée par le changement d'état, soit l'organisation moléculaire préliminaire à la cristallisation, soit plus probablement les deux phénomènes à la fois, déterminent la réaction. Il serait important de savoir pourquoi, dans certaines conditions, une fraction des molécules s'unissent entre elles par covalence ([5]) plutôt que de s'ordonner en cristal sous l'influence des forces de Van der Waals.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la déflagration des mélanges suroxygénés de gaz de ville et d'air.* Note ([1]) de MM. **Henri Guénoche** et **Paul Laffitte**, présentée par M. Paul Pascal.

Les possibilités d'utilisation, comme combustibles industriels, de certains mélanges suroxygénés de gaz de ville et d'air, posent des problèmes relatifs à la déflagration de ces mélanges. Nous en avons étudié un certain nombre et nous rapportons dans la présente Note quelques-uns des résultats obtenus.

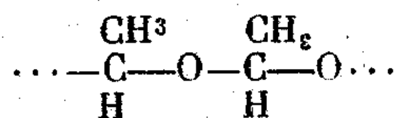
Le gaz de ville utilisé a la composition centésimale suivante : hydrogène, 50,22; carbures saturés ($C_{1,025}H_{4,07}$), 31,84; carbures non saturés, 2,81; oxyde de carbone, 6,69; gaz carbonique, 4,07; azote, 4,09; oxygène, 0,28. Ce gaz était, dans nos expériences, mêlé dans des proportions déterminées à un mélange comburant, préalablement préparé, d'oxygène et d'air, pour lequel nous avons utilisé les concentrations suivantes :

N° du mélange comburant	1.	2.	3.	4.	5.	6.
% d'O_2 ajouté à l'air	0	4,2	11,5	20	36,5	93,1
Teneur totale en O_2 du mélange comburant	21	24	29	34	42	59

On opérait dans un tube de verre horizontal ayant 26^mm de diamètre intérieur et 56^cm de longueur et dans lequel l'inflammation était provoquée à l'extrémité ouverte par une petite flamme de gaz de ville légèrement étalée et de 30^mm de hauteur. L'extrémité du tube opposée à celle de l'inflammation était fermée de manière à réaliser les conditions requises pour la propagation du *mouvement uniforme* de la flamme. La progression de la flamme dans le tube était enregistrée par la méthode photographique de Mallard et Le Chatelier.

Pour les mélanges étudiés (1 à 6), la vitesse du mouvement uniforme de la

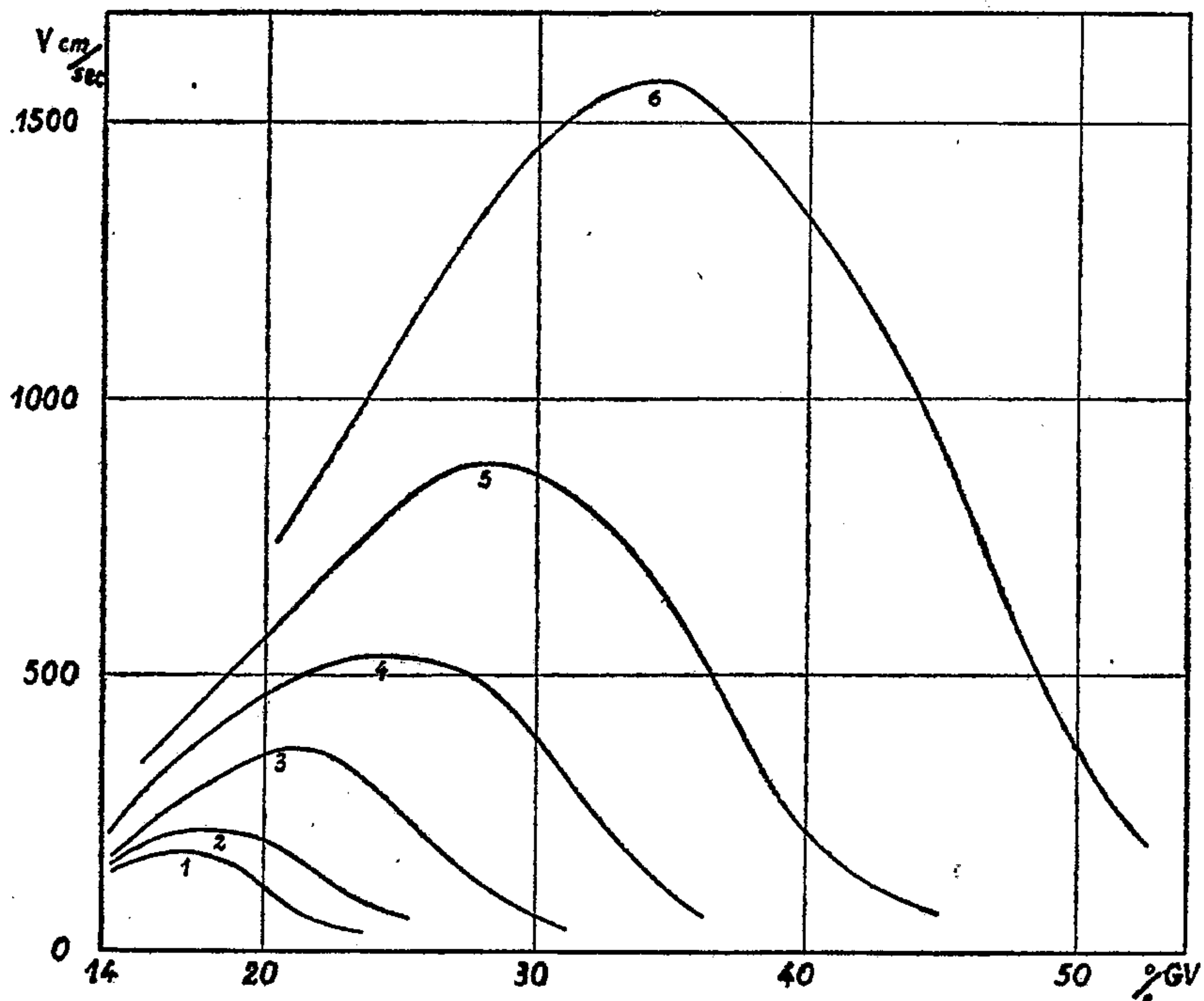
([5]) Tout le comportement du polymère permettait de lui attribuer *a priori* la formule



(A. Staudinger, *Trans. Far. Soc.*, **32**, 1936, p. 249). L'étude du spectre infrarouge de ce produit a fourni récemment à G. Sutherland, A. R. Philpotts et G. H. Twigg (*Nature*, 157, 1946, p. 267) une preuve directe et très importante de cette formule.

([1]) Séance du 23 décembre 1946.

flamme est donnée, en fonction de la teneur en gaz de ville, par les courbes du diagramme ci-dessous. Mais la longueur sur laquelle se propage un véritable



mouvement uniforme peut être assez faible; cependant il est suivi par un mouvement ondulatoire de la flamme, très régulier et de faible amplitude, et dont la vitesse moyenne est sensiblement la même que celle du mouvement uniforme qui le précède. Aussi les vitesses mesurées sont relatives à la fois au véritable mouvement uniforme de la flamme et à ce mouvement ondulatoire régulier; elles intéressent environ une quinzaine de centimètres de la longueur du tube. Vers la fin de la période d'ondulations, l'amplitude de ces dernières augmente et elles sont suivies du *mouvement vibratoire* de la flamme. Mais ce dernier a des caractères différents suivant la concentration du mélange comburant en oxygène. Lorsqu'elle est relativement faible, les vibrations irrégulières, et de vitesses moyennes variables et assez élevées, ne se propagent que sur une longueur assez courte et sont suivies par de nouvelles ondulations régulières se propageant à une vitesse du même ordre de grandeur que celle du mouvement uniforme. Mais si la concentration en oxygène du mélange comburant est supérieure à 30 %, la vitesse moyenne de la flamme reste sensiblement constante, quel que soit son régime qui est d'ailleurs vibratoire sur plus des trois quarts de la longueur du tube. Enfin pour les teneurs les plus élevées en oxygène, la déflagration dégénère en détonation vers la fin de son parcours dans le tube.

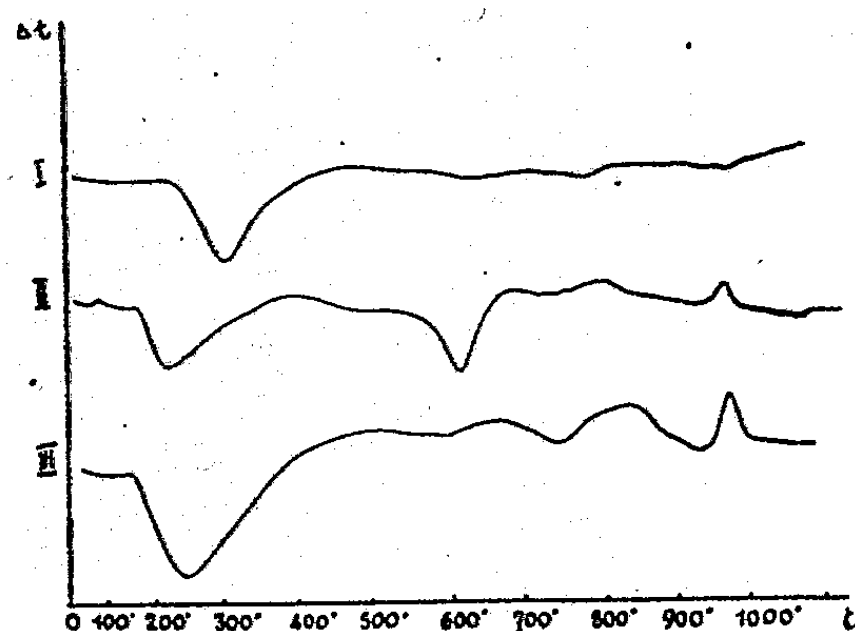
On peut noter qu'à proximité des limites d'inflammabilité, c'est-à-dire pour

les mélanges ou très pauvres ou très riches en gaz combustible, l'allure de la flamme prend un caractère particulier. C'est ainsi qu'au voisinage de la limite inférieure la flamme n'occupe pas toute la section du tube, mais on la voit se déplacer le long de la partie supérieure, d'une manière assez analogue à la bulle d'air d'un niveau à bulle que l'on inclinerait. Au voisinage de la limite supérieure on observe la propagation de deux fronts de flamme successifs et très nettement différenciés par leur forme, leur vitesse et leur couleur; mais le second ne se propage jamais jusqu'à l'extrémité fermée du tube.

MINÉRALOGIE. — *Formation d'une phyllite du type kaolinique par traitement d'une montmorillonite.* Note (1) de M^{lle} **SIMONNE CAILLÈRE** et M. **STÉPHANE HÉNIN.**

Au cours de travaux antérieurs (2) nous avons noté la possibilité de modifier la courbe thermique des montmorillonites en les traitant par diverses solutions. Nous avons repris ces essais en utilisant des traitements plus énergiques que nous avons appliqués à deux montmorillonites exemptes de kaolin, l'une provenant de Cadouin, l'autre de camp Berteaux. Ces nouveaux traitements avaient pour but d'obtenir des modifications plus importantes des courbes thermiques.

En particulier, l'emploi à froid pendant trois ou quatre jours d'une solution de chlorure de calcium à 20 %, de silicate contenant 10^{cm^3} de produit concentré dans 200^{cm^3} d'eau, d'aluminate de sodium à 5 %, de nitrate d'aluminium à 10 %, suivi d'une précipitation d'une fraction des éléments en solution par HCl ou par NH_4OH, suivant le cas, a permis de passer de la courbe I à la courbe II.



La nouvelle courbe est caractérisée par un développement plus accentué du crochet à 600° dont la température s'abaisse d'ailleurs de 50 à 100° et par la diminution ou la suppression du crochet à 750°. Par contre on voit fréquemment

(1) Séance du 23 décembre 1946.
(2) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 685; **223**, 1946, p. 383.

se manifester une inflexion exothermique vers 950°. Ces courbes rappellent celles obtenues avec un mélange de kaolinite et de montmorillonite.

Afin de préciser l'origine des modifications ainsi produites, les échantillons traités ont été soumis à l'analyse cristalline, au moyen des rayons X. Les spectres de poudre ont montré des raies à 7,14 Å et à 3,6 Å dont la présence est indépendante de l'état d'hydratation, et, de ce fait, ne peuvent être attribuées à une réflexion de la montmorillonite.

D'autre part, diverses autres raies caractéristiques du diagramme de la kaolinite se manifestent également et avec une intensité encore plus grande.

Dans le but de vérifier cette détermination nous avons préparé des plaques orientées d'une fraction du produit traité par $(NaO_3)_3Al$ plus riches en nouveaux éléments ainsi que des plaques également orientées de kaolinite et de chlorite.

Les diagrammes d'agrégats obtenus avec ces plaques ont permis d'observer la série des raies (0, 0, 1) et de constater la similitude des nouveaux caractères du spectre du produit traité et de celui de la kaolinite. Nous sommes donc conduits à admettre que les traitements subis par la montmorillonite en ont transformé environ 20 % en kaolinite. Notons également que l'intensité élevée des raies correspondant aux indices (*h*, *k*, *l*) de la kaolinite, et dont la présence s'est manifestée dans le diagramme de la montmorillonite traitée, ferait penser que toute la substance a été transformée en une phyllite à 7 Å. Comme l'examen des raies (0, 0, 1) montre qu'une fraction relativement faible de la montmorillonite a subi cette transformation, il faut supposer qu'il y a une modification générale de la structure qui tend à s'organiser dans l'espace et qu'une fraction seulement atteint le stade de la kaolinite.

La diversité des traitements permettant d'effectuer cette constatation rend son interprétation difficile. Il faut, ou admettre qu'il se forme entre les feuillets de la montmorillonite une nouvelle couche octaédrique qui se lie à l'une des deux couches tétraédriques, ou bien admettre la dissolution d'une couche tétraédrique sur les deux du feuillet initial.

Nous avons également examiné des montmorillonites traitées par le nitrate d'aluminium, sans précipitation ultérieure de l'alumine. Cette fois l'analyse thermique montre que c'est surtout le crochet à 750° (courbe III) qui est accru, mais on observe toujours le phénomène exothermique. Dans ces conditions les spectres de la montmorillonite traitée mettent encore en évidence les raies de la kaolinite, aussi ne doit-on pas attacher une trop grande importance à la corrélation entre la courbe thermique et l'examen aux rayons X.

Ces résultats permettent de comprendre pourquoi on observe si fréquemment dans la nature des mélanges de kaolinite et de montmorillonite, bien que la formation de ces deux minéraux semble correspondre à des conditions physico-chimiques opposées. Les études de laboratoire et les observations sur le terrain ont en effet montré que la montmorillonite se forme en milieu alcalin et la

kaolinite en milieu acide. D'après ces résultats, la kaolinite trouvée dans les mélanges proviendrait de l'évolution ultérieure de la montmorillonite; cette évolution pouvant alors se produire en milieu neutre et même alcalin.

Enfin on peut penser que ces remaniements de structure s'accompagnent de blocage d'ions, et ce fait présenterait pour l'agronome une importance particulière.

GÉOLOGIE. — *Rapports du Nummulitique avec son substratum dans la région de St-Étienne-de-Tinée (A.-M.)*. Note (1) de M. **Paul Fallot** et Mlle **Anne Faure-Muret**, présentée par M. Charles Jacob.

Jadis, à la Cime d'Auron, on a décrit (2) un lambeau de Nummulitique directement transgressif sur le Trias, et surtout, à la Pointe Giassin, une grande discordance angulaire faisant reposer les calcaires à *Nummulites striatus* d'Ouest en Est sur le Néocomien, le Malm et l'Oxfordien. Les contours de la carte de P. Comte (3) et une étude de M. Mainguy (4) confirment cette interprétation. Nos récentes observations nous en suggèrent une toute différente.

A la Cime d'Auron, nous n'avons pu observer sur le Trias que des calcaires sinémuriens. Tous les blocs de grès d'Annot ou de calcaire nummulitique gisant sous la forêt sont des blocs transportés, sans doute d'origine fluvio-glaciaire.

La Pointe Giassin, au nord-est de St-Dalmas-le-Selvage, termine une arête nummulitique allongée d'Ouest en Est, la Cime de la Blancia, qui culmine à 2467 et 2536m. Dès la Pointe Giassin les cotes s'abaissent vers l'Est, pour passer à 2235m au Col de la Colombière. Elles se relèvent ensuite au Planas, à 2390m.

Le massif gneissique de Planas est couronné par le Trias auquel font suite, avec pendage Ouest, d'abord le Lias, puis le Dogger à *Cancellophycus*, qui forme tout le versant Est du Col de la Colombière. A ce col même, le Jurassique moyen s'enfonce sous l'Oxfordien trituré et feuilleté, mais identifiable par des Ammonites pyriteuses. Le pendage s'atténue vers l'Ouest et les couches formant l'arête unissant le col à la Pointe Giassin ne sont plus inclinées que de quelques degrés vers l'Ouest.

En remontant cette arête, on reconnaît, sur l'Oxfordien, les calcaires du Malm, des calcaires et marno-calcaires assimilables au Néocomien, puis des calcaires lités à intercalations de marnes noires, occupant la position de l'Aptien-Albien. Ici, comme dans le Bollofré plus au Sud-Ouest, ce faciès

---

(1) Séance du 23 décembre 1946.

(2) L. Bertrand, *Bull. Serv. Carte Géol. de France*, n° 56, xi, 1896, et Feuille Saint-Martin-Vésubie de la Carte géologique de France au 1/80000.

(3) *Sur la géologie du Bassin de la Haute Tinée* (Dipl. Ét. Sup., n° 405, 1930, Pl. iii).

(4) *Bull. Soc. Géol. France*, 5e série, 7, 1937, pp. 401-406.

remplace le type plus répandu des marnes noires. Viennent ensuite des calcaires gris lités, souvent en plaquettes, totalisant environ 70m. Dans leur moitié supérieure, des Inocérames du groupe de *I. inconstans*, l'horizon à Échinides écrasés ([5]) et de rares Rosalines datent le Sénonien.

Le Nummulitique, dont M. Abrard a bien voulu déterminer les Foraminifères, débute sans discordance appréciable vers la cote 2390. Il comporte d'abord 0m,50 de marno-calcaires noirs à rares cailloux roulés de Crétacé, puis 20 à 25m de calcaires noirs à *N. striatus* et *Operculina* sp., enfin des calcaires marneux lités, gris, stériles, culminant à la cote 2418.

Le complexe d'Annot vient ensuite. A sa base règnent un conglomérat à cailloux anguleux (2m), des grès grossiers (3-4m), enfin un poudingue à gros galets de Trias, de Jurassique et de granit (4-6m), auquel se superposent les grès d'Annot eux-mêmes.

C'est tout l'ensemble des couches tithoniques et crétacées formant l'arête à l'Ouest du col qui est attribué dans les documents antérieurs à l'Oxfordien, ce qui a conduit les auteurs à admettre le repos du Nummulitique transgressif jusque sur ce dernier horizon. Les Inocérames sénoniens mentionnés plus haut excluent cette assimilation. Dès lors, la grande discordance en biseau n'existe pas. Le Nummulitique, ici comme ailleurs dans la région, fait suite au Sénonien, peut-être par un léger ravinement, mais sans discordance angulaire visible. A sa base, le mince lit à cailloux roulés ne ressemble en rien au poudingue à patine jaune décrit 10km au Sud-Ouest comme formant le toit du Sénonien ([5]).

L'absence d'un niveau à grandes Nummulites sur cette coupe n'est pas un fait général dans le massif de Blancia. En effet, 500m au Sud de l'arête de ce nom, en descendant directement sur Saint-Dalmas-le-Selvage, sous les calcaires noirs à petites Nummulites, accompagnés ici de calcaires plus clairs, on observe 5-6m de calcaires sombres à *N. perforatus*, *N. Brongniarti* et *N. striatus*, qui représentent l'horizon « auversien » ou lutétien supérieur signalé déjà par nous en 1945 au Mont Aunès ([6]).

Malgré l'inexistence de la grande discordance nummulutique de la Pointe Giassin, il n'en apparaît pas moins dans la région des indices de mouvements survenus d'abord à la fin du Sénonien — et dont témoigne le poudingue à patine jaune — ensuite, sinon au début, du moins au cours de l'Éocène supérieur. En effet, si la transgression des couches à petites Nummulites se fait par des assises à peu près concordantes avec le Sénonien, la présence de galets de granit à la base du grès d'Annot est un fait important, du reste déjà signalé au Lauzanier par Haug et Kilian ([7]) et dans les « sables de Saint-Antonin » par A. F. de Lapparent ([8]).

([5]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 954.
([6]) *C. R. des Collab. Carte géol. de France*, 1945 (sous presse).
([7]) *Bull. Service Carte géol. de France*, **13**, 1901-1902, p. 134.
([8]) *Ibid.*, **40**, 1938, p. 78.

Ajoutons que les granites sont, à la Pointe Giassin, plus voisins de ceux du Pelvoux. Leur présence implique donc l'émersion des massifs granitiques du Mercantour avant le dépôt des grès d'Annot, et le transport à plus de 30^{km} des galets qui en proviennent.

Il sera revenu ultérieurement vers les conclusions à tirer de ce fait.

L'objet de cette Note est d'attirer l'attention sur l'inexistence d'une discordance aussi antépriabonienne dans le nord des Alpes-Maritimes et sur les modifications à apporter aux vues tectoniques et paléographiques que cette discordance a pu suggérer.

GÉOLOGIE. — *Le rôle des massifs centraux dauphinois internes dans l'orogenèse alpine.* Note de M. **Pierre Bellair**, présentée par M. Léon Bertrand.

Dans une Note précédente ([1]) j'ai souligné certaines particularités structurales du Haut Massif dauphinois et de ses bordures : elles sont la conséquence de son rôle particulier dans l'orogenèse alpine.

Cette unité était, on l'a vu, déjà dénudée avant le Nummulitique sur sa bordure orientale. Il en résulte que le niveau de la surface du socle induré y était de plusieurs milliers de mètres supérieur à celui de la surface correspondante dans l'arrière-pays, condition peu favorable pour l'engagement de cette masse dans les nappes penniques : cette seule considération suffit à expliquer son rôle de butoir, que suggèrent les dispositions structurales encore visibles. Elle a, de plus, été d'autant plus difficile à ébranler que l'épaisseur totale des nappes déferlant de l'Est était d'un ordre de grandeur beaucoup plus faible que celle de cet îlot rigide et surélevé [l'épaisseur du granite est estimée actuellement, dans cette région, par M. Rothé à 65^{km} ([2])].

En avant, les festons des Grandes Rousses-Rochail et de Belledonne-Taillefer-Chaillol s'incurvent simultanément, par torsion de leurs axes autour du Haut Massif; il y a donc eu déplacement relatif de ce dernier par rapport aux unités précitées, et l'on ne peut parler d'une stabilité totale du môle résistant, puisqu'il s'est embouti dans les chaînes cristallines externes dont il a rompu l'alignement. Elles ont cédé assez facilement, comme le montre la position de l'axe du Haut Massif, encore matérialisé à l'heure actuelle par la chaîne majeure, orientée Nord-Sud, qui court de la Meije à l'Ailefroide et aux Bans, en passant par la Grande Ruine et les Écrins : cette ligne faîtière est située beaucoup plus près de la bordure briançonnaise que du bord occidental (en d'autres termes, la pente moyenne du cristallin est beaucoup plus raide vers l'Est que vers l'Ouest et l'ensemble a l'aspect d'un toit dissymétrique). La compression n'a donc été vraiment sévère que vers l'Est. Cette dissymétrie est, d'autre part, une preuve

---

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1159.
([2]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, pp. 98-99.

de plus que le Haut Massif n'a jamais été submergé par les nappes penniques, qui se sont heurtées à lui comme à un mur.

En arrière, le Combeynot montre un tout autre type de réaction à la poussée pennique, rappelant celle des autres massifs centraux : à première vue, c'est le noyau anticlinal d'un pli dont toute la tête a disparu, supprimée par l'érosion : c'est un Mont-Blanc en miniature, comme l'Alpe du Villar d'Arène est une zone de Chamonix en réduction. Peut-être, lorsque la stratigraphie du Lias sera mieux connue, découvrira-t-on des répétitions correspondant à ce noyau dans la zone des montagnes liasiques qui s'étalent entre Grandes Rousses et Aiguilles d'Arves. Mais le Combeynot est aussi *le support de départ de la nappe du flysch :* il joue vis-à-vis de cette unité le rôle que joue le chariot par rapport au canot que l'on met à la mer. Cette dualité de rôle est à mettre en regard de la position très interne du Combeynot dans la chaîne alpine, et aussi de sa situation particulière lors de l'Éocène : comme le Haut Massif, il était partiellement dénudé à cette époque, mais son bord nord était encore enfoui sous une masse importante de sédiments mésozoïques; en outre sa masse totale était faible. Par suite, l'extrémité nord s'est trouvée engagée dans les plis frontaux de la nappe du flysch ou dans ses avant-plis et la masse principale l'a suivie; ceci est tellement vrai que dès que la couverture disparaît entre le col d'Arsine et les croix-Sainte-Marguerite (mais là, c'est à la fois par érosion anté-éocène et par laminage tectonique), le granite engagé avec la nappe se réduit à une simple lame qui souligne la base de la nappe du flysch (croix du Cibouit).

Ainsi, la comparaison du Haut Massif et du Combeynot montre deux réactions différentes aux poussées penniques; le cas d'un massif de petites dimensions, dénudé partiellement dès l'Éocène, mais qui s'est trouvé pris dans les avant-plis pennins en raison de l'entraînement de son extrémité nord, profondément enfouie sous la couverture mésozoïque, et de sa masse totale faible, et celui d'une grosse masse rigide beaucoup plus surélevée à la même époque, ce qui lui a fait jouer un rôle d'arrêt, à peu près unique dans les massifs centraux alpins. Gigantesque iceberg dont la masse était trop profondément enracinée pour qu'il se couche sur son avant-pays, sensible seulement aux courants profonds du sima, ceinturé vers l'Ouest par un réseau de failles profondes ayant joué *dès le Trias* (comme en témoignent, d'une part, l'aspect en fossé du synclinal de Venosc et, d'autre part, l'existence des mélaphyres triasiques, produits d'émissions volcaniques de type hawaïen qui n'ont pu s'épancher qu'à la faveur de grandes fissures), il est resté relativement étranger aux paroxysmes alpins successifs; au plus, a-t-il pu se craqueler sous le choc. En définitive, le Haut Massif dauphinois est un *durillon* dans le système général alpin, beaucoup plus que les masses en apparence pourtant plus considérables de Belledonne, du Mont-Blanc et de l'Aar.

PALÉONTOLOGIE. — *Trois nouveaux genres de Trilobites acadiens du Languedoc et d'Espagne*. Note de M. **Marcel Thoral**, présentée par M. Charles Jacob.

Les schistes acadiens du Languedoc et du Nord-Ouest de l'Espagne renferment de petits Trilobites oculés, nommés autrefois *Conocephalites* Borrande, puis, plus récemment, répartis entre les genres *Ptychoparia* Corda, *Solenopleura* Angelin (¹), *Liostracus* Angelin. L'étude détaillée d'un nouveau matériel recueilli en Languedoc et l'examen des types décrits par de Verneuil et Barrande et par Ch. Barrois m'ont montré que, dans la très grande majorité des cas, ces attributions ne pouvaient être retenues.

Un caractère commun à toutes ces formes est la constitution de leur limbe. On sait que le céphalothorax de beaucoup de Trilobites est bordé par un bourrelet plus ou moins convexe, limité à l'intérieur par un sillon, et qui a été nommé *limbe* par Barrande. Sur la marge externe ou à la face inférieure, le bourrelet du limbe est relié sans solution de continuité à la doublure sous-frontale. Il n'en est pas de même chez les formes étudiées. Toutes ont un limbe relativement plat ou peu convexe, qui se raccorde avec la doublure sous-frontale au fond d'une rainure marginale, dont la section droite est un angle aigu et qui fait saillie dans l'espace circonscrit par le limbe et la doublure. Sur les moules externes, on voit une crête aiguë, d'une largeur uniforme suivant tout le contour externe; elle disparaît assez brusquement vers l'angle génal toujours prolongé en une courte pointe. Cette disposition qui équivaut à une nervuration du bourrelet bordant le céphalon devait en accroître la résistance. Comme elle s'efface à l'angle génal où déjà le test était généralement moins calcifié, la pointe avait une rigidité moindre; par suite d'accidents durant la fossilisation, elle a pu prendre des positions variables par rapport au contour externe. La séparation des moules externes et internes s'opérant habituellement suivant le contour externe du limbe, et non suivant le fond de la rainure, d'éminents paléontologistes, tels G. F. Matthew, Ph. Lake, etc., ont cru voir une discontinuité entre le contour latéral du céphalon et celui des pointes génales. Pour rester en accord avec l'adjectif *mutici* de la diagnose originale du genre *Solenopleura* (¹), ils ont considéré ces pointes comme de simples épines. Évidemment ces aspects fallacieux ont motivé d'interminables discussions auxquelles les observations ci-dessus doivent mettre un terme.

Pour cette raison et pour d'autres développées dans un mémoire à paraître, j'ai été conduit à définir quelques nouveaux genres dont voici les diagnoses résumées.

Genre *Solenopleuropsis* nov. gen.-Génotype : *Conocoryphe Rouayrouxi* Mun.-Ch. et Berg. (²). Trilobite de petite taille, convexe, trilobé. Céphalon semi-circulaire bordé d'un limbe avec rainure marginale et courtes pointes génales; glabelle tronconique, arrondie en avant, 3 paires de courts sillons latéraux; anneau occipital distinct, généralement une épine occipitale; joues moins élevées que la glabelle portant un œil de taille moyenne situé un peu en

(¹) *Palæontologia Scandinavica*, 1854, p. 26, *anguli exteriores abbreviati, mutici*.
(²) J. Bergeron, *Thèse*, *Ann. Sc. Géol.*, 22, 1889, p. 334, pl. II, fig. 3-4.

arrière de leur milieu; ligne oculaire obsolète; suture faciale dont la branche postérieure, subhorizontale dans sa partie proximale, coupe le bord postérieur un peu en dedans de l'angle génal; la branche antérieure subparallèle à l'axe ou légèrement convergente se recourbe en avant et coupe très obliquement le limbe; elle se réunit à l'autre branche par une suture rostrale qui suit le fond de la rainure marginale. Thorax à 16 segments plus ou moins épineux; plèvres à terminaison arrondie. Pygidium petit, non ou à peine bordé, paucisegmenté. Ornementation formée de tubercules spiniformes creux, épars, devenant souvent de véritables épines suivant l'axe; elle n'envahit jamais les sillons et s'atténue vers l'arrière. Enroulement possible et quelquefois observé.

Deux séries d'espèces sont à séparer : celle de *S. Rouayrouxi* Mun.-Ch. et Berg. avec tubercules sur le limbe, celle de *S. Ribeiroi* de Vern. et Barr. (3) à limbe lisse.

Genre *Pardailhania* nov. gen.-Génotype : *Solenopleura*? *hispida* Thoral (4). Ce genre diffère du précédent par la réduction du nombre des épines, leur rangement en lignes ou leur fusion en crêtes, ou leur quasi-disparition. On peut établir une série à peu près continue allant des espèces très épineuses à celles presque glabres : *Solenopleura*? *hispida* Thor., *Liostracus Granieri* Thor., *L. Tener* Hartt, *L. couloumanus* Miquel.

Genre *Liosolenopleura* nov. gen.-Génotype : *Liosolenopleura Serventi* nov. sp. Ces Trilobites s'éloignent des précédents par leur œil plus petit, placé plus en avant, d'où redressement de la branche postérieure de la suture faciale, par leur ligne oculaire plus nette, leur espace préglabellaire réduit ou nul, la disparition totale de l'ornementation, sauf un grain occipital.

La place de ces genres dans la classification ne peut être définitivement réglée. Si les vrais *Solenopleura* scandinaves offrent la même structure du limbe, tous nos genres entreront dans la famille des *Solenopleuridæ* Angelin. Dans la négative, il faudra admettre une famille des *Solenopleuropsidæ* avec une section pour les genres à yeux relativement grands et une autre pour ceux à yeux plus petits et plus antérieurs. Éventuellement, si l'on arrive à définir d'une manière satisfaisante le vrai type de *Liostracus* Ang., et s'il porte le même limbe cannelé, on pourrait rétablir, pour la dernière section, la famille des *Liostracidæ* Angelin.

---

(3) De Verneuil et Barrande, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 2e série, **17**, 1860, p. 528, pl. VI, fig. 7-12.

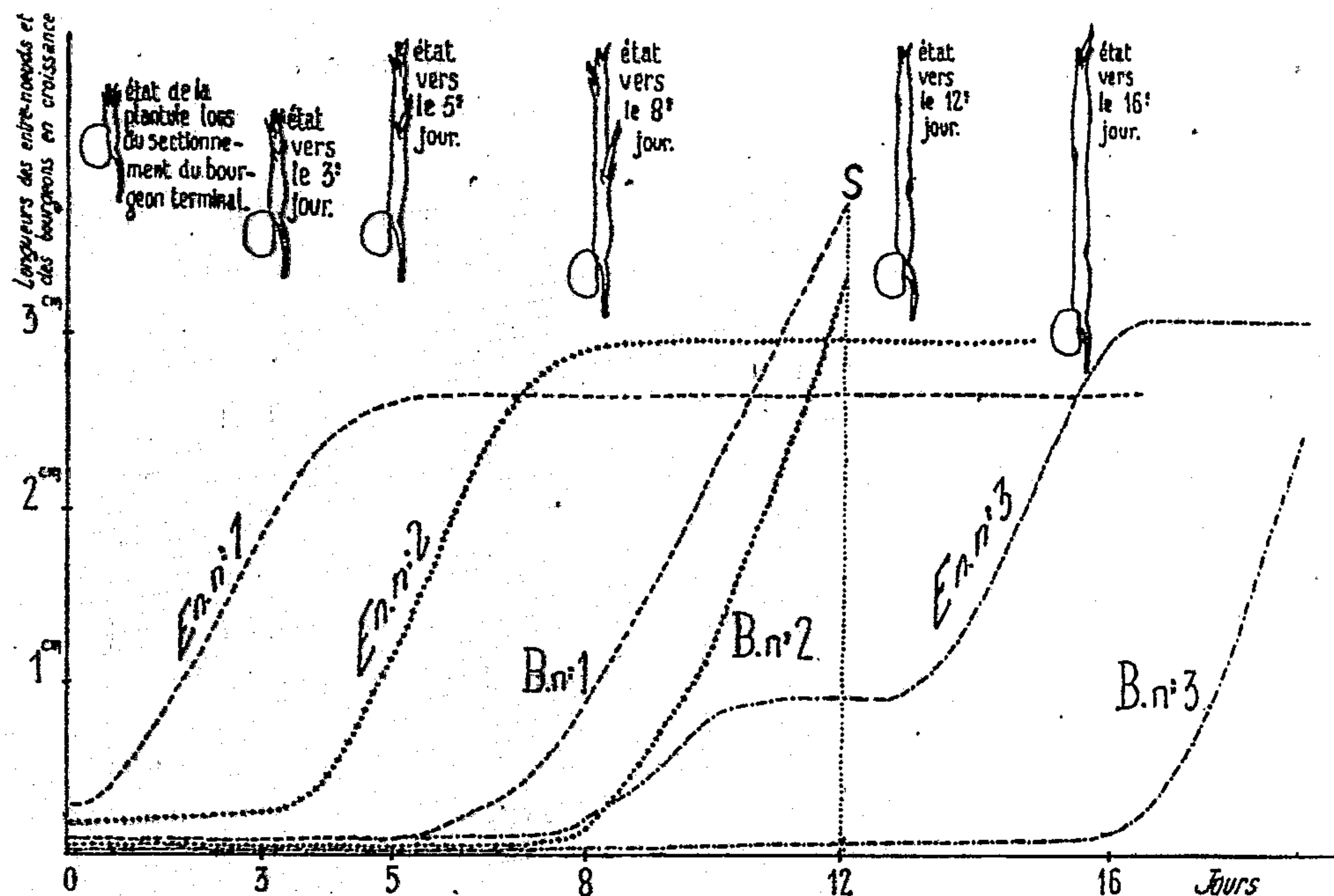
(4) Thoral, 2e *Thèse*, Paris, 1935, p. 57, pl. III, fig. 2-3

MORPHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le rôle des entre-nœuds dans les corrélations de croissance entre bourgeons chez le Pois.* Note de M. **René Castan**, présentée par M. Louis Blaringhem.

On sait que le sectionnement d'une tigelle, l'amputant du bourgeon terminal, lève l'inhibition qui s'opposait au développement des bourgeons axillaires, et que celui de ces bourgeons qui est en position la plus distale, c'est-à-dire la plus proche de la section, ne tarde pas à se développer, et qu'il inhibe alors à son tour le développement des autres bourgeons axillaires situés en position moins distale que lui.

Nous allons montrer que cette règle n'est vérifiée que si les entre-nœuds sont complètement développés dans la région de sectionnement. S'il n'en est pas ainsi, les entre-nœuds exercent, par leur propre développement, une action inhibitrice sur les bourgeons axillaires voisins, distal et proximal, et modifient ainsi la règle de corrélations énoncée plus haut.

Mode opératoire. — Sectionnons le bourgeon terminal des plantules de Pois,



En 1, premier entre-nœud; en 2, deuxième entre-nœud; en 3, troisième entre-nœud. — B. n° 1, B. n° 2, B. n° 3 sont respectivement les bourgeons du premier, du second et du troisième nœud. — S, sectionnement des bourgeons axillaires 1 et 2.

variété *Express Alaska*, à un moment où les entre-nœuds sont très courts et de l'ordre de 3mm pour le premier, 2mm pour le second et 1mm pour le troisième. Ce stade est réalisé au bout de 72 heures de germination à l'obscurité dans une étuve maintenue à une température de 25-26° C.

Voici ce qu'on constate les jours suivants : 1er *temps :* jusqu'au 3e jour après

l'amputation, aucun bourgeon axillaire ne grandit. Seul l'entre-nœud inférieur (entre-nœud n° 1) s'allonge activement. 2e *temps :* vers le 5e jour ou un peu avant, l'entre-nœud suivant (2e entre-nœud) commence à croître. A ce moment, l'entre-nœud n° 1 ayant pratiquement cessé de croître, le bourgeon n° 1, situé au bout distal du 1er entre-nœud, commence à pousser et n'entre dans sa période de grande croissance que lorsque l'entre-nœud n° 2 achève la sienne. Ce fait a lieu malgré la présence du bourgeon n° 2 en position distale par rapport à ce bourgeon n° 1, et ainsi en contradiction avec l'expression de la loi de corrélations d'inhibition entre bourgeons. 3e *temps :* au 8e jour, l'entre-nœud n° 2 ayant achevé de croître, le 3e entre-nœud s'allonge un peu à son tour, et le 2e bourgeon commence alors à croître. 4e *temps :* les bourgeons axillaires 1 et 2 croissant alors activement, tantôt conjointement, tantôt le supérieur (n° 2) inhibant l'inférieur, le 3e entre-nœud cesse de croître avant d'avoir atteint la taille normale, et le 3e bourgeon axillaire ne se développe pas.

Pour constater que ce 3e bourgeon est demeuré cependant capable de se développer, amputons, au 12e jour environ, les bourgeons 1 et 2. On constate alors la reprise de l'allongement de l'entre-nœud n° 3, qui 4 jours plus tard, a atteint sa taille normale, moment auquel le 3e bourgeon démarre pour prendre ensuite une croissance également normale. Les croquis et graphiques ci-joints résument les étapes.

Conclusion. — Dans une Note précédente [1], nous avons montré le maintien temporaire de l'inhibition du développement d'un bourgeon axillaire surmonté d'un moignon d'entre-nœud contenant des cellules juvéniles en voie de grandissement. Dans cette Note nous montrons que, pour qu'un bourgeon axillaire puisse se développer, il est nécessaire que toutes les cellules de l'entre-nœud situé du côté proximal du bourgeon aient achevé leur croissance et que l'entre-nœud qui le surmonte soit entré dans la phase de déclin de sa croissance.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nature du soja, viande végétale.*
Note de M. **Kuo-Chun Chin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le soja, employé en Asie depuis un temps immémorial pour la nourriture de l'homme et des animaux, est remarquable par sa grande richesse en azote, graisse et matières minérales.

Après les deux guerres mondiales, la fève asiatique, universellement connue et appréciée, et largement cultivée aux États-Unis comme en Asie, est en voie d'acclimatation dans une grande partie de l'Europe, comme en Afrique ou en Australie, un peu aussi en France.

La *viande végétale* (fromage de Soja des Français, Téou fou des Chinois, Tou Fu des Japonais, Dan Phu des Annamites) est un extrait du soja et a été

(1) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 788.

réalisé par le philosophe chinois Whai Nan Tze, avant l'ère chrétienne. Sa fabrication a été décrite par Champion (1862-1886), Prinsen (1896), Block (1907) etc. Nous n'entrons pas dans le détail, il suffit de résumer et préciser quelques points auxquels on n'a pas apporté assez d'attention jusqu'ici.

Le nettoyage des graines s'opère à l'aide des appareils employés ordinairement en meunerie : épierreur, tarare etc. Trempage : on met les grains dans l'eau depuis quelques heures jusqu'à 24 heures, selon la température extérieure et celle de l'eau. Suit une action diastasique très importante, relative à la consistance de la viande végétale pendant la période de trempage; nous avons fait des expériences, et nous les signalerons dans une Note ultérieure. Les grains broyés avec l'eau de macération donnent une bouillie qui est filtrée. Le filtrat constitue le lait végétal de soja. Le lait filtre à travers le sac dans lequel reste un tourteau jaunâtre. Le lait de soja est chauffé à l'ébullition pendant quelques minutes; on verse le lait chaud dans des baquets pour le faire refroidir. Le liquide est coagulé au moyen de chlorure de magnésium. Pour l'égouttage, on verse le caillé dans des châssis fermés à la partie inférieure par des linges fins qui laissent passer le liquide non caillé. On achève l'égouttage en posant sur le lait caillé une planche chargée de poids. Le produit obtenu, bleu grisâtre, a l'aspect d'un fromage blanc : c'est la *viande végétale*.

Nous avons fait analyser cette viande végétale par les soins du Laboratoire Municipal de Paris et l'on nous a communiqué le résultat suivant, pour 100g de fromage brut :

	cal
Humidité	78,2
Matières azotées NX 6,25	13,0
Matières grasses	7,6
Matières minérales	0,76
Total	99,56

Valeur énergétique en grandes calories pour 100g :

Matières azotées	13,0 × 4,3 = 56
Matières grasses	7,6 × 9,4 = 71
Total	127

Comparons avec la viande animale, par exemple la viande de bœuf :

	Eau.	Matières azotées.	Matières grasses.	Hydrates de carbone.	Calories pour 100g.
Viande végétale	78,2	13,0	7,6	0	127
Viande de bœuf	61 à 77	17	4	0	110,7

La viande végétale et la viande animale ont à peu près le même pourcentage d'eau. Elles n'ont pas d'hydrates de carbone. La viande végétale a un peu moins de matières azotées et un peu plus de matières grasses. Au point de vue calorifique, la viande végétale a un pouvoir plus grand que la viande animale.

Si nous examinons la viande végétale en détail, au point de vue chimique, nous avons un résultat communiqué par le Laboratoire de Chimie Biologique de la Sorbonne :

Matières fixes	0,578
» organiques	11,152
Chlorure de sodium	0,25
Phosphore en P	0,165
N. ammoniacal	0,003
N. Total	1,678
N. des acides aminés libres	0,071
» » après hydrolyse	0,224

Matières protéiques calculées :

N. organique × 6,25	10,469
N. purique	0,025
Matières grasses	1,828
Thiocrome	très légères traces

$$\frac{\text{N. aminés} \times 100}{\text{N. organique}} = 13,37; \qquad \frac{\text{N. ammoniacal}}{\text{N. totale}} = 0,179.$$

Les résultats sont concordants. Il n'y a pas d'hydrate de carbone et il y a des matières azotées et des matières grasses, ainsi que des substances minérales. Donc, on peut donner à ce lait caillé le nom de *Viande végétale*, parce qu'il justifie le dicton chinois : *le Téou fou est de la viande sans os.*

PHYSIOLOGIE. — *Effet salutaire de la dépression barométrique dans l'hyperthermie adrénalinique.* Note de MM. **Jean Giaja** et **Xénophon Chahovitch**, présentée par M. Paul Portier.

L'adrénaline élève très fortement les échanges par rapport au métabolisme de base. Ainsi, un rat de 180^{g} qui, normalement, à la température de 32°, consomme 1500$^{cm^3}$ d'oxygène par kg-heure, en consomme 3300 après avoir reçu en injection sous la peau 0^{mg},5 de chlorhydrate d'adrénaline. L'effet est immédiat et peut durer plus de deux heures.

Nous avons montré d'autre part (¹) que l'adrénaline supprime la thermorégulation chimique, car elle élève et bloque à la fois à un niveau fixe la calorification, qui ne réagit plus aux variations de la température ambiante. Il en résulte que sous l'effet de l'adrénaline, la température de l'animal dépend de la température extérieure, l'adrénaline agissant, selon les conditions thermiques du milieu, comme substance pyrétique ou comme substance hypothermisante.

Nous savons également que le supplément d'oxydations dû à l'adrénaline

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, 93, 1925, p. 1330; J. Giaja et Il. N. Dimitrijevic, *Archives internationales de Pharmacologie et de Thérapie*, 95, 1933, p. 342.

peut être diminué et annulé même par abaissement de la tension de l'oxygène de la respiration ([2]). Ainsi la consommation d'oxygène qui, à la pression atmosphérique normale, passe, sous l'effet de l'adrénaline, de 1500 à 3300$^{cm^3}$, tombe à 2640$^{cm^3}$ à la pression de 480^{mm} de Hg, puis à 1875$^{cm^3}$ à la pression de 390^{mm}, pour tomber à 1500$^{cm^3}$ à la pression de 320^{mm}, c'est-à-dire au niveau de la consommation avant l'action de l'adrénaline.

Les oxydations supplémentaires dues à l'adrénaline se distinguent de celles constituant le métabolisme de base par le fait que ces dernières ne sont pas influencées par la diminution de la tension de l'oxygène jusqu'à la limite mortelle de celle-ci; de sorte que chez l'animal normal, contrairement à ce qui a lieu chez l'animal subissant l'effet de l'adrénaline, l'hyperthermie provoquée par la température ambiante ne diminue pas sous l'effet de la raréfaction de l'atmosphère.

Dans un même milieu hyperthermisant (à 36-39°, dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau), le rat à adrénaline s'échauffe plus vite que le rat normal et succombe avant celui-ci. Il était à prévoir, d'après les constatations précédentes, que lorsque le rat à adrénaline est placé à une températur extérieure suffisamment élevée pour provoquer la mort par hyperthermie, on pourra le sauver, la température ambiante restant invariable, par une dépression barométrique convenable, produite à temps, qui dans ce cas sera salutaire pour l'animal. C'est, en effet, ce que l'expérience confirme.

On place deux rats, du poids de 120^g chacun, dont l'un a reçu en injection 0^{mg},35 d'adrénaline, dans la chambre respiratoire de notre appareil réglé à 36°. A ce moment leur température, prise dans le rectum, est de 37°. Au bout d'une demi-heure, le rat injecté a sa température à 42°,5, le rat normal la sienne à 40°,5. Vingt minutes plus tard, l'hyperthermie du premier atteint 43°, son état est mauvais, il ne peut se tenir sur ses pattes, tandis que la température du second n'a pas varié, et son état est bien meilleur. Cinq minutes après, le rat injecté est à bout de forces, couché sur le dos. A ce moment on raréfie l'atmosphère de l'appareil en abaissant la pression de 760 à 460^{mm}. Presque immédiatement l'état du rat injecté s'améliore, sa respiration devient plus profonde et régulière, puis au bout de sept à huit minutes il se remet sur ses pattes. Cette amélioration est la conséquence de la diminution de l'hyperthermie : sous l'effet de la dépression barométrique, la température du rat a baissé en ce court espace de temps de 43° à 41°,2, tandis que l'hyperthermie du rat normal n'a pas varié dans les mêmes conditions; elle est restée à 40°,5.

Tout artificielles que soient les conditions physiologiques de cette expérience et passager, l'effet de l'adrénaline, il n'est pas moins intéressant de constater que dans ce cas la vie trouve dans l'air raréfié une condition de son maintien devenu impossible dans une atmosphère normale.

([2]) J. Giaja, *Bull. Acad. royale serbe, B, Sciences naturelles*, 5, 1939, p. 219.

ENTOMOLOGIE. — *Action sur les larves de moustique, d'une suspension pure de D. D. T. obtenue par les ultrasons.* Note de MM. **Jacques Sautet**, **André Audouin**, **Gustave Levavasseur** et Mlle **Jeanine Vuillet**, présentée par M. Émile Roubaud.

Pendant la guerre la lutte contre les anophèles a pris une extension considérable, et l'usage systématique du D. D. T. par les armées alliées a permis, souvent, une lutte efficace contre le paludisme.

Mais le gros ennui est la non-solubilité du D. D. T. dans l'eau et la difficulté d'obtenir des suspensions. L'adjonction habituelle d'un émulsif et d'un solvant vient s'ajouter à l'action pure du D. D. T., fausse les résultats et peut être nocive par elle-même pour les larves ou les animaux aquatiques.

Ainsi avons-nous cherché un procédé capable de tourner cette difficulté.

Nous sommes arrivés à la formule suivante : dissoudre le D. D. T. dans le benzène dans un premier temps, puis ajouter l'eau et traiter par les ultrasons [1], afin de chasser le benzène secondairement en laissant le D. D. T. en suspension. On obtient ainsi une suspension parfaitement homogène de D. D. T. dans l'eau, sans solvant ni émulsif.

Les résultats que nous avons obtenus avec des suspensions récentes sont, en résumé, les suivants :

Avec des larves de *Culex pyrenaicus* au 4e stade, on observe dans des gites artificiels (cristallisoirs) :

Destruction	partielle en 1 h. 30 min.	avec du D. D. T........	à 1 p. 100
»	totale en 4 à 7 heures	»	à 1 p. 100
»	partielle en 4 heures	»	à 1 p. 1000
»	totale en 7 à 24 heures	»	»
»	partielle en 4 à 7 heures	»	à 1 p. 10 000
»	totale en 24 heures	»	»
»	partielle en 4 à 7 heures	»	à 1 p. 100 000
»	totale en 24 heures	»	»
»	partielle en 7 heures	»	à 1 p. 1 000 000
»	totale en 24 heures	»	»
»	partielle en 7 heures	»	à 1 p. 10 000 000
»	totale en 24 heures ou partielle	avec du D. D. T....	»

au-dessus; les résultats partiels sont insignifiants.

Avec *Theobaldia longeareolata* au 4e stade larvaire, les résultats sont un peu inférieurs, en ce sens que la destruction totale est moins constante avec les très

(1) L'appareil que nous avons employé est celui qui fut déjà mis gracieusement à notre disposition par M. Canac, Directeur du Centre de Recherches scientifiques, que nous tenons à remercier une fois de plus. Nous avons donné les caractéristiques de l'appareil dans une récente Communication (*C. R. Soc. Biol.*, **140**, 1946, p. 641).

faibles doses; par contre, nous avons eu encore quelques résultats positifs au 2 p. 100 000 000.

Plus l'eau est chaude, plus la sensibilité paraît faible. De même les jeunes stades larvaires semblent les plus sensibles et les nymphes les plus résistantes.

Discussion. — Les résultats obtenus avec des solutions fraîches sont satisfaisants, puisqu'on arrive à avoir une action mortelle lorsque l'eau des gîtes contient seulement un gramme de D. D. T. pour 10 millions de centimètres cubes d'eau. Nous n'avons encore pu déterminer exactement la durée d'efficacité de la suspension, ni sa stabilité.

L'action de la suspension varie suivant l'espèce larvaire expérimentée, le stade larvaire, la température de l'eau et peut-être la saison, qui agit sur la vie des larves.

L'usage de la suspension de D. D. T., parfaitement miscible à l'eau, permet d'espérer une lutte efficace contre toutes les larves, même celles qui ne viennent pas à la surface. L'influence du vent est nulle et ne gêne nullement l'action.

Ces quelques expériences préliminaires de laboratoire laissent entrevoir un nouveau mode d'emploi du D. D. T.

HISTOLOGIE DES INSECTES. — *Sur quelques particularités de la musculature du pseudopode postérieur, chez les larves de* Simulium (*Dipt. némat.*). Note de M. **Paul Grenier**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les larves des Simulies vivent dans des courants d'eau atteignant parfois une grande violence. Elles se fixent à leur support au moyen d'un pseudopode postérieur muni d'une couronne de très forts crochets chitineux venant s'ancrer dans une goutte de sécrétion salivaire visqueuse. Cet appareil, qui n'est pas une *ventouse* comparable à celles des Blépharocérides, fonctionne, lors de la fixation, par afflux de sang; son *décrochage* est assuré par le jeu de nombreux muscles rétracteurs qui, s'insérant sur le pourtour interne du disque, tirent les crochets vers le centre de celui-ci [P. Grenier, (1)]. Ils appartiennent à la musculature du dernier segment du corps, excepté une paire présentant des particularités anatomiques et histologiques intéressantes et qui sont les suivantes :

1° Chacun des muscles qui la constituent, mesure environ $1^{mm},7$ chez une larve de *S. costatum* au dernier stade (longueur 1^{cm}). Il s'attache en avant, sur la paroi latéro-dorsale du corps, à la limite du pénultième et de l'antépénultième segment, au moyen d'une large insertion plate; il se rétrécit ensuite notablement, puis se renfle en une sorte de fuseau occupant toute la longueur de l'avant-dernier segment.

2° Exactement au niveau de la limite postérieure de celui-ci, le muscle se

(1) *Bull. Soc. entom.*, 50, n° 8, 1945, pp. 100-102.

divise en deux rubans grêles qui se dirigent vers le disque de fixation, sur lequel ils s'insèrent, l'un dans la région ventrale après s'être divisé une nouvelle fois, l'autre dans la région dorsale.

3° Histologiquement, ainsi que le montrent des préparations colorées *in toto* (hématoxyline de Mallory) puis dilacérées, les deux régions de ce grand muscle rétracteur sont différentes; la partie antérieure, renflée, est constituée par de très nombreuses fibrilles, très fines, et disposées en spirale, comme si cette région du muscle avait été tordue sur elle-même. De plus, le sarcoplasma est très abondant et contient de nombreux noyaux de taille très inégale. Enfin la striation est extrêmement fine. L'aspect général est opaque. Les rubans musculaires qui font suite à cette partie renflée ne présentent aucun de ces caractères; leur striation notamment est beaucoup moins fine, la longueur de chaque case étant presque le double de ce qu'elle est dans la région antérieure.

Interprétation. — Ce long muscle traversant deux segments successifs est constitué, vraisemblablement, par des muscles segmentaires successifs, qui ont perdu leur insertion commune sur la membrane intersegmentaire, tout en restant réunis l'un à l'autre. La dualité de structure qu'ils présentent et qu'on ne retrouve pas dans la musculature du pseudopode antérieur, doit être en rapport avec le fonctionnement particulier du disque postérieur et les efforts violents et fréquents qu'effectue la larve pour le détacher du support. Il est possible que la puissante région antérieure, tordue, finement striée et au sarcoplasma abondant, constitue une attache très résistante pour les rubans musculaires qui lui font suite et permette en même temps des contractions énergiques mais de faible amplitude. Sa structure serait peut-être à rapprocher de celle des muscles vibrateurs du vol, décrits chez certains insectes.

ÉCOLOGIE. — *Faits biologiques nouveaux sur le Criquet migrateur* (Locusta migratoria *L.*) *dans son foyer des Landes de Gascogne*. Note (¹) de M. **Georges Remaudière**, présentée par M. Émile Roubaud.

L'origine de l'invasion landaise doit être recherchée dans une exceptionnelle grégarisation des *solitaires* endémiques, connus depuis toujours dans la région (²). Il semble maintenant établi qu'un tel phénomène se soit déjà développé dans les Landes de Gascogne; une invasion se serait produite en 1902 à Ligautenx (Landes), à la suite du grand incendie de 1898 (³).

Les incendies ont largement contribué à l'extension des surfaces très propices à la multiplication et au développement des *Locusta* (sol en grande partie dénudé, favorable à l'oviposition, repousses tendres de Molinie en fin d'été, c'est-à-dire à une époque où toute graminée est partiellement desséchée).

(¹) Séance du 9 décembre 1946.

(²) Couturier, Remaudière et Arnoux, *C. R. Ac. Agr. de France*, 32, 1946, p. 226.

(³) Précisions recueillies par MM. Chaboussou et Rœrich.

Les individus récoltés en 1946 en Gironde ont des caractères morphologiques sensiblement plus évolués dans le sens grégaire que ceux de l'année précédente (¹) :

	Année.	Nb. (a).	E.	E/F.	H/C.	P/C.	M/C.
Mâles	1945.......	126	41,3	1,87	1,12	1,135	775
	1946.......	100	39,1	1,905	1,06	1,07	76
Femelles	1945.......	233	45,7	1,91	1,12	1,125	78
	1946.......	100	43,5	1,95	1,07	1,065	789

(a) Nb nombre d'individus entrant dans les moyennes.

Les facteurs naturels pouvant intervenir dans la limitation d'une telle invasion sont de trois ordres : facteurs climatiques, émigration, parasitisme.

Facteurs climatiques. — La résistance des oothèques aux intempéries de l'hiver est remarquable. Des pontes trouvées à Pierroton le 28 juin, dans un fossé encore humide, ont éclos quelques jours plus tard bien qu'elles aient été submergées durant un ou plusieurs mois.

La pluviométrie des mois de mai et de juin fut en 1945 et 1946 assez voisine de celle d'une année normale pour qu'il soit permis de penser que, sous le climat bordelais, l'humidité printanière ne devienne jamais un réel obstacle au développement des larves de Criquet et à la formation des bandes.

Seule une longue période froide et peu ensoleillée, à l'époque de la ponte (durant les mois de septembre et octobre), serait susceptible de freiner l'invasion actuelle. Ce n'est pas encore le cas cette année : comme l'an passé, la période de ponte fut très étendue et nombreuses furent les journées où la température au sol se maintenait pendant plusieurs heures au-dessus de 35° C. Ainsi chaque Criquet eut le temps de déposer plusieurs oothèques et, par endroits, la densité des pontes atteint 80 oothèques au mètre carré.

Émigration — Les migrations à grande distance, privant l'aire grégarigène de milliards d'individus, peuvent jouer un rôle très appréciable dans la limitation naturelle de l'invasion. En 1946, une telle migration eut lieu et intéressa une grande partie des foyers situés dans le département de la Gironde.

Le 20 juillet, un vol considérable arrivait dans la banlieue de Bordeaux et remontait par étapes vers le Nord, atteignant la région d'Angoulême en moins d'un mois. Un autre vol partit le 3 août vers l'Est, sur un front d'une quinzaine de kilomètres; une faible partie fit demi-tour, une bande fut revue le lendemain au sud de la Dordogne, mais le vol principal s'est poursuivi tard dans la nuit du 3 au 4 et a dû se pulvériser rapidement.

Les foyers du département des Landes, dont nous notions l'an dernier un retard dans la grégarisation, n'ont pas atteint morphologiquement un grégarisme aussi poussé que les foyers de Gironde. Aussi n'ont-ils pas accompli des migrations de même envergure. Une partie des Criquets se déplaça en grand vol vers le Sud-Est, mais ne quitta pas l'aire grégarigène.

(¹) E, F, P, les longueurs de l'élytre, du fémur et du pronotum; M et H, hauteur et largeur (à l'étranglement) du pronotum; C, largeur de la tête.

La présence concomitante de deux zones différemment évoluées dans le sens grégaire retardera vraisemblablement l'extinction de l'invasion. En effet, la plupart des individus de la zone la plus grégarisée émigrent pendant que l'autre zone parfait sa grégarisation et émigrera à son tour un ou deux ans plus tard, tandis que les individus n'ayant pas participé à la première migration recommenceront à pulluler.

Parasitisme. — Le pourcentage des adultes parasités par des larves de Diptères était différent selon les localités, mais nettement supérieur à celui de l'an dernier. Ce fait permet d'espérer qu'un équilibre biologigue s'établira, limitant sensiblement l'invasion actuelle.

En conclusion, la plus grande invasion de *Locusta* qui se soit jamais déclarée en Europe occidentale, continue à se développer en 1946, malgré des conditions climatiques notablement différentes de celles des quatre années précédentes.

L'ampleur maximum de l'invasion n'est peut-être pas encore atteinte.

PHARMACODYNAMIE. — *Activité de la polyvinylpyrrolidone dans le choc traumatique expérimental et sur les accidents provoqués par certaines toxines microbiennes.* Note ([1]) de M. **Daniel Bovet**, M^me^ **Simone Courvoisier** et M. **René Ducrot**.

En 1943, G. Hecht et H. Weese ont reconnu qu'un produit de polymérisation de la vinylpyrrolidone, préparé par Rebbe, présentait des propriétés colloïdales qui le rendaient susceptible d'être utilisé au titre de *plasma artificiel* et ont apporté chez l'animal la démonstration de son efficacité dans le traitement des grandes hémorragies ([2]). Cette découverte a été rapidement suivie d'une large expérimentation clinique ([3]). Nous rapportons le résultat d'expériences qui indiquent l'activité de la polyvinylpyrrolidone sur le choc traumatique dont nous avons abordé l'étude chez le Rat en mettant en œuvre la méthode de Noble et Collip ([4]). La technique consiste à introduire l'animal à l'intérieur d'un tambour circulaire tournant, dans lequel se trouvent disposées deux saillies. Couché sur le côté, le rat tombe à chaque demi-révolution d'une hauteur de 38^{cm}.

Nous avons constaté que l'administration préventive de polyvinylpyrrolidone réalise vis-à-vis du choc traumatique une protection dont l'efficacité est saisissante, puisqu'il est possible d'assurer la survie définitive de tous les Rats traités dans des conditions où l'on observe régulièrement la mort des témoins.

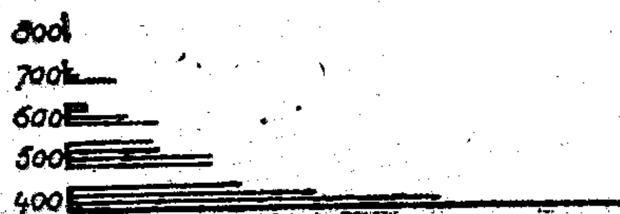
([1]) Séance du 9 décembre 1946.

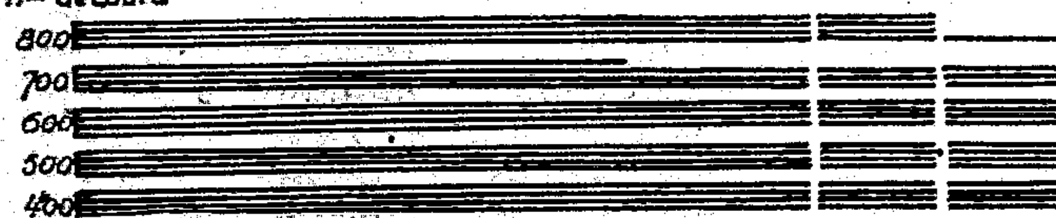
([2]) *Munch. med. Wsch.*, 90, 1945, p. 11.

([3]) J. Korth et H. Henlein, *Arch. klin. Chirurg.*, 205, 1943, p. 230; E. Klees, *Munch. med. Wsch.*, 90, 1943, p. 29; G. Joppich, *Monatschrif. Kinderheilk*, 92, 1943, p. 28; J. Boudreaux, *Paris Médical*, 1945, p. 23.

([4]) *Quart. J. exp. Physiol.*, 31, 1942, p. 187.

Le graphique 1 illustre la durée de la survie des animaux, témoins et traités, soumis à une série de chocs d'intensité croissante. La polyvinylpyrrolidone est active par voie intrapéritonéale et par voie sous-cutanée comme par voie intraveineuse. Comme elle demeure longtemps dans l'organisme ([2]) la protection persiste même quand le choc est provoqué 72 heures et plus après l'injection. Le produit exerce également un effet curatif lorsqu'il est administré à l'animal après la fin du choc.





Activité préventive de la polyvinylpyrrolidone sur le choc traumatique du Rat.

Parmi les expériences instituées en vue d'établir le mécanisme de la protection réalisée dans les essais qui précèdent, celles qui concernent l'antagonisme que manifeste la polyvinylpyrrolidone vis-à-vis de certaines toxines microbiennes offrent un intérêt particuler. Le polymère injecté préventivement exerce un pouvoir protecteur qui est surtout manifeste vis-à-vis des toxines de *Cl. œdematiens* et de *Cl. sordelli*; on constate alors une prolongation de la durée moyenne de la survie et une certaine proportion de survies définitives. L'effet protecteur est moins marqué vis-à-vis des intoxications par les toxines diphtériques et tétaniques; il est nul vis-à-vis de la toxine botulique ([5]).

Toxine.	Dose par kg sous-cutanée (cm³).	Témoins 1.	2.	3.	Polyvinylpyrrolidone ([a]). 1.	2 ([b]).	3.
Cl. œdematiens.........	0,16	32	2,1	0	32	7,3	46
Cl. sordelli............	0,01	16	2,6	0	16	6,4	50
Cor. diphtericus........	0,05	24	2,5	0	24	4,7	12,5

1, nombre d'animaux; 2, survie moyenne (jours); 3, survie définitive (%).
([a]) 0,35 g/kg; voie sous-cutanée; 3 heures avant l'injection de toxine.
([b]) Durée de l'expérience, 10 jours.

([5]) M. Legroux, M[lle] Guillaumie, M. Lafaille, M. Lemétayer et M. Prévost nous ont fourni aimablement les échantillons des toxines utilisées.

L'observation de l'activité thérapeutique exercée par la polyvinylpyrrolidone sur l'évolution du choc traumatique expérimental et, dans une plus faible mesure, vis-à-vis des effets de certaines toxines microbiennes, se révèle comme un fait d'une signification considérable. Nous pensons qu'il s'agit là d'un premier jalon posé dans un domaine dans lequel les développements à venir pourront revêtir une réelle importance.

MICROBIOLOGIE. — *Sur le mécanisme de l'inhibition de la diapédèse dans les états de choc.* Note ([1]) de M. **Albert Delaunay** et M[me] **Jacqueline Lebrun**, présentée par M. Gaston Ramon.

Chez des animaux soumis à une alimentation riche et variée, en excellent état physiologique, il est parfois difficile de provoquer à volonté un état de choc, quelle que soit la méthode employée (traumatisme musculaire, tourniquets, striction intestinale, etc.). Cet état de choc est au contraire beaucoup plus commode à déclencher chez des animaux dont la résistance a été diminuée soit par une double surrénalectomie, soit par un régime carencé (par exemple régime scorbutigène, composé d'eau, d'orge et de foin sec). Ainsi, nous avons pu voir qu'une simple injection *intrapéritonéale* de bouillon stérile, absolument inoffensive pour des animaux normaux, se montre capable de déterminer un état de choc cliniquement caractéristique chez des animaux prédisposés soit par des carences alimentaires (cobayes) ou par une surrénalectomie bilatérale (souris et rats). Peu de temps après l'injection, les animaux deviennent prostrés, abattus; ils ne réagissent plus ou ils réagissent faiblement aux excitations extérieures dont ils sont l'objet, et ils finissent plus ou moins rapidement par succomber. Ces faits, intéressants déjà par eux-mêmes, nous ont permis de faire une observation que nous jugons assez importante pour la signaler ici.

On sait qu'une inhibition de la diapédèse (le plus souvent totale) représente un des éléments caractéristiques des états de choc ([2]). Cette inhibition est toujours très nette lorsque le choc prend place chez des animaux jusqu'alors bien portants. Au contraire, nous avons pu remarquer récemment qu'elle est souvent moins marquée lorsque le choc apparaît chez des animaux carencés en vitamine C (Cobayes) ou privés de leurs surrénales (Rats et Souris). Nous avons aussitôt rapproché ces nouvelles constatations des faits mentionnés par nous-mêmes chez des rats surrénalectomisés et traités par une endotoxine bactérienne ([3]). Chez ces animaux, rappelons-le, l'état d'intoxication produit par l'endotoxine ne s'accompagne pas, comme chez les Rats normaux, d'une inhibition quasi complète de la diapédèse. Dans les deux cas, nous nous trou-

([1]) Séance du 23 décembre 1946.

([2]) *Ann. Institut Pasteur,* **71**, 1945, p. 431; *Comptes rendus,* **222**, 1946, p. 699, et **223**, 1946, p. .

([3]) *Comptes rendus,* **223**, 1946, p. 218.

vons certainement devant des phénomènes du même ordre qui semblent indiquer que certaines sécrétions surrénales contribuent à empêcher le passage des leucocytes sanguins à travers les parois endothéliales. Mais deux questions se posent alors : *a.* comment agissent ces sécrétions ? *b.* Quelles sont-elles ?

a. A la première question nous sommes tentés de répondre en faisant appel à la *Réaction d'alarme de H. Selye* (¹). Lors de la production de l'état de choc, l'organisme réagirait par une suractivité des capsules surrénales (libération de quantités importantes d'adrénaline, puis d'hormones cortico-surrénales). Il en résulterait certaines modifications des parois artériolaires (vasoconstriction) ou capillaires (augmentation de leur tonus), et ces modifications seraient, au moins en partie, les responsables de l'inhibition de la diapédèse. En l'absence d'une sécrétion accrue d'hormones surrénales, ces modifications seraient absentes, et dès lors, la diapédèse pourrait encore se produire. Cependant l'organisme, privé des moyens de défense que représentent pour lui ces hormones, résisterait beaucoup moins bien à l'état de choc.

b. A l'heure actuelle, il nous est encore impossible de répondre nettement à la seconde question. *A priori*, on peut incriminer les hormones du cortex car on sait déjà qu'elles sont capables d'élever nettement le tonus des capillaires et de diminuer la perméabilité (pour les substances dissoutes) des parois vasculaires. Il est permis également de mettre en cause une action directe de l'adrénaline, et c'est ce qu'ont fait, dans une série de communications, A. Penner et A. J. Bernheim. Il pourrait enfin s'agir d'un facteur différent des hormones surrénales, mais dont l'activité serait renforcée par celles-ci, comme la rénine. Cependant, nos recherches ultérieures pourront, seules, nous fixer sur ce point.

MÉDECINE. — *Étude sur le métabolisme calcique chez l'Homme.* Note de MM. **R. Crosnier**, **P. Girard**, **J. Renault** et Mme **S. Goussault**, présentée par M. Léon Binet.

L'expérimentation réalisée a comporté trois étapes successives : elle a d'abord été menée avec une ration alimentaire standard de 2319 calories et l'attribution de 500g de pain (I), ensuite avec la même ration et un pain enrichi en carbonate de chaux (5g °/oo, soit 2g,50 *pro die*) (II), enfin avec la même ration et un pain enrichi à la fois en carbonate de chaux et en vitamine D 2 (soit 500, puis 1000 unités internationales *pro die*) (III). Les résultats obtenus peuvent être ainsi synthétisés.

A. *Étude du transit intestinal.* — Il a été déterminé, en adoptant comme test colorant le carmin.

a. Le début de l'élimination carminée se montre retardé au stade calcique et au stade calcium — vitamine D.

(¹) *Brit. journ. exp. Path.*, **17**, 1936, p. 234.

I. Pain ordinaire	22 h. 50	moyenne
II. Pain + calcium	24 h. 6	
III. Pain + calcium + vitamine D	24 h. 10	

b. L'élimination totale du carmin s'avère plus longue pendant la période calcium + vitamine que pendant l'étape calcium simple (43 h. → 42 h. 3).

Le carbonate de calcium associé à la vitamine D allonge donc le temps de transit intestinal.

B. *Étude du métabolisme phospho-calcique.* — La consommation d'une ration alimentaire (convenablement équilibrée en facteurs nutritifs et minéraux) majorée en facteur calcique se traduit par une utilisation organique appréciable de calcium, à condition que l'apport minéral dépasse un certain seuil. Le rôle fixateur du calciférol ne paraît opérant que si la dose de vitamine D administrée parallèlement est elle-même suffisamment élevée (1000 U).

	Rétention ou perte		Ca		P	
	de Ca [1].	de P [1].	urinaire éliminé.	fécal éliminé.	urinaire éliminé.	fécal éliminé.
Période I (sans Ca) (%)	— 5,5	—12,5	25	75	76,1	23,8
» II (+ Ca) (%)	+23	+14,8	14,1	85,9	56,8	43,2
» III (Ca + vit. D) (%)	+26,8	+ 8,7	17,4	82,6	54,4	45,6

Il y a un parallélisme d'ensemble assez étroit entre les valeurs des rapports calcium/phosphore d'absorption et d'élimination pour chacune des trois périodes, mais les rapports obtenus en périodes II et III sont infiniment meilleurs que ceux enregistrés en période I.

	I.	II.	III.
Rapport $\frac{Ca}{P}$ d'absorption	0,40	1,11	1,19
Rapport $\frac{Ca}{P}$ d'élimination	0,36	1	0,95

L'excrétion fécale du calcium augmente en périodes II et III.

L'excrétion urinaire du phosphore diminue durant les mêmes périodes.

Pratiquement on peut affirmer que :

1° L'adjonction artificielle de calcium à la ration alimentaire est indispensable pour doter l'organisme de la quantité qui lui est nécessaire et permettre à ce corps d'assurer ses multiples fonctions.

2° Le carbonate de calcium ne doit pas être introduit à une dose inférieure à 1g,50 *pro die* (= 0g,60 de calcium brut).

3° Le carbonate de calcium a un intérêt double : substratum calcique excellent, agent antiphytique électif. A cet égard, le potentiel d'assimilation d'une telle préparation minérale n'est pas inférieur à celui de tout autre composé organique.

(1) Par rapport à la quantité de Ca et P absorbée.

Il permet à l'organisme d'assimiler le maximum de calcium qui lui est offert et il neutralise les effets de l'acide phytique contenu dans la couche périphérique du grain de céréale, dont le rôle décalcifiant et déminéralisant est désormais démontré.

IMMUNOLOGIE. — *Sur le rôle joué par les anémies globulaire et plasmatique dans la genèse des anticorps chez le Lapin.* Note (¹) de MM. **Francis Tayeau** et **Raymond Pautrizel**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

De nombreux auteurs ont étudié le rôle joué par les facteurs les plus divers dans la genèse des anticorps.

Parmi ces facteurs, il convient de signaler tout particulièrement l'équilibre protidique; Cannon, Chase et Wissler (²) ont, en effet, montré récemment que le taux des anticorps chez les lapins immunisés, soumis à un régime carencé en protides (et présentant une hypoprotidémie), diminuait beaucoup plus rapidement que chez des Lapins recevant une ration normale.

D'autre part, Lemétayer, Nicol, Mathieu, Girard et Carvazier (³) ont signalé tout dernièrement la diminution rapide de l'immunité antitétanique chez le Cheval soumis à de fréquentes saignées.

Simultanément, nous avons effectué des recherches mettant en évidence le rôle joué par les anémies globulaire et plasmatique dans la genèse des anticorps. Nos expériences ont porté sur 32 lapins préalablement immunisés à l'aide de sérum de Cheval.

Nous avons réparti nos animaux en deux lots (A) et (B). Les Lapins du premier lot (A) furent soumis à des saignées répétées provoquées par ponction cardiaque (en moyenne trois saignées par semaine; quantité de sang enlevée par saignée, 35^{cm^3} environ; durée de l'expérience, près de 8 semaines). Après chaque série de saignées, l'animal recevait une injection de rappel.

Les animaux du second lot (B) furent traités de la même façon, mais, après chaque saignée, les globules remis en suspension dans l'eau physiologique étaient réinjectés. Nous provoquions donc ici une anémie exclusivement plasmatique (⁴).

Au cours de chaque saignée, le dosage des anticorps était effectué.

Les résultats que nous avons obtenus se sont montrés particulièrement nets, aucun chiffre contradictoire n'étant apparu dans nos expériences.

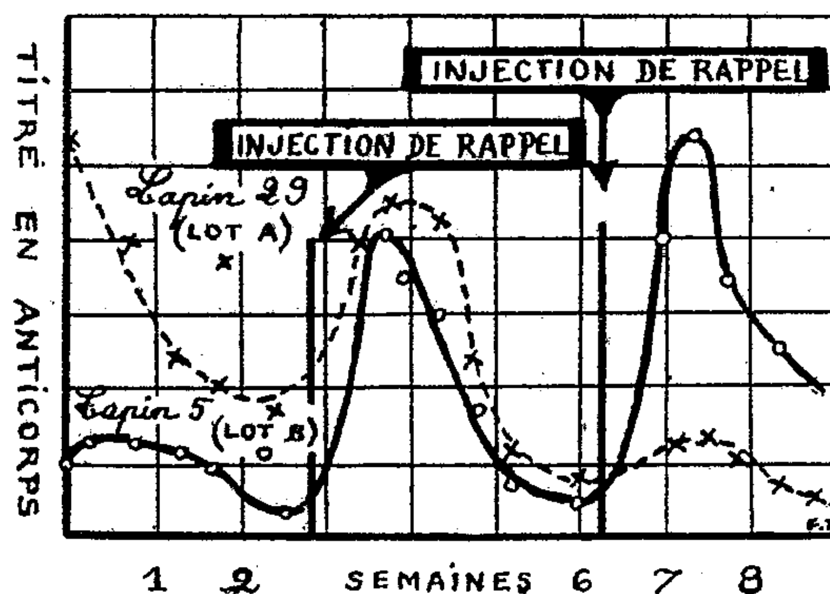
(¹) Séance du 23 décembre 1946.

(²) Cannon, *J. of immunol.*, 44, 1942, p. 107; Cannon, Chase et Wissler, *ibid.*, 47, 1943, p. 133; Cannon, *J. of Am. med. assoc.*, 128, 1945, p. 360.

(³) *Bull. Acad. Méd.*, 130, 1946 (sous presse); *Presse médicale*, 53, 1946, p. 775.

(⁴) Le sang était recueilli sur héparine comme anticoagulant. Nous avons éliminé le rôle éventuel joué par les leucocytes, 90 % au moins de ces derniers ayant été éliminés avant la réinjection des globules.

Dans la figure ci-contre, nous avons indiqué, pour l'un quelconque des animaux de chaque lot, la courbe représentative des variations du taux en anticorps en fonction du temps et des saignées successives.



Nos résultats nous permettent de constater qu'après chaque injection de rappel, alors que l'on observe une montée nette du titre en anticorps, le maximum atteint a toujours été inférieur au précédent chez les animaux du lot A.

Par contre, chez les animaux du second lot (B), le maximum atteint a toujours été supérieur au précédent (jusqu'à une certaine limite).

Notre travail montre donc que, si l'anémie plasmatique a une certaine influence dans la genèse des anticorps, l'anémie globulaire joue un rôle primordial.

A $16^h 10^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 JANVIER 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les probabilités dénombrables et le pari de Pascal.* Note de M. ÉMILE BOREL.

En reprenant l'étude d'un problème simple de probabilités dénombrables, j'ai fait une remarque qui m'a paru intéressante, car elle se rattache à la théorie arithmétique du célèbre pari de Pascal.

On sait que le produit de zéro par l'infini est, en principe, indéterminé, mais que lorsqu'une expression algébrique ou analytique prend cette forme, il est souvent possible de déterminer sa *vraie valeur* qui peut être un nombre fini, ou zéro, ou l'infini.

Voici un cas où l'espérance mathématique, dans le cas d'un gain infini avec la probabilité zéro, a pour *vraie valeur* zéro.

Considérons un problème de probabilités dénombrables, dans le cas de convergence; on fait une série infinie d'épreuves, dans lesquelles, l'événement favorable a pour probabilités successives $p_1, p_2, \ldots, p_n, \ldots$; la série $p_1+p_2+\ldots+p_n+\ldots$ est convergente et a pour somme s. L'espérance mathématique d'un joueur qui doit recevoir 1 franc pour chaque cas favorable est évidemment égale à s.

Mais cette espérance mathématique peut être évaluée autrement. On connaît (1) les probabilités $A_0, A_1, \ldots, A_n, \ldots, A_\infty$ pour que le cas favorable se produise respectivement $0, 1, 2, \ldots, n, \ldots, \infty$ fois et l'on sait que A_∞ est nul. L'espérance mathématique est

$$A_1+2A_2+\ldots+nA_n+\ldots+\infty A_\infty.$$

Or, un calcul facile montre que l'on a

$$A_1+2A_2+\ldots+nA_n+\ldots=s.$$

(1) Voir, par exemple, ÉMILE BOREL, *les Probabilités dénombrables* (*Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, 27, 1909, pp. 247-270).

On en conclut que ∞A_∞ a pour vraie valeur zéro, c'est-à-dire que l'espérance mathématique relative au gain infini qui serait réalisé si le cas favorable se produisait une infinité de fois, est égale à zéro. C'est le résultat annoncé ci-dessus.

La conclusion est que, dans la controverse du pari de Pascal, comme dans bien d'autres controverses philosophiques, le mathématicien doit rester neutre; il ne peut tirer de sa science aucun argument décisif pour ou contre.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la préparation des oxydes par électrolyse.* Note (¹) de M. **Pierre Jolibois** et M^lle **Marthe Bergès**.

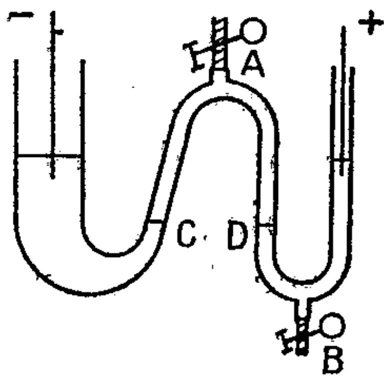
Lorsque l'on soumet longtemps au courant continu une solution d'un électrolyte comme le sulfate de sodium, dans un vase qui permet de séparer les produits anodiques et cathodiques, on constate deux phénomènes distincts.

D'abord une électrolyse qui sépare en oxyde acide et en oxyde basique, le sel dissous.

Ensuite un transport en sens opposé de chacun des produits : l'oxyde acide vers le vase anodique, l'oxyde basique vers le vase cathodique.

Comme le milieu anodique est oxydant et le milieu cathodique réducteur, ces constatations ne sont valables que si l'oxyde acide n'est pas oxydable et l'oxyde basique pas réductible (à l'état métallique généralement) (²).

Dans le cas où cette dernière condition est réalisée, cas des oxydes



métalliques dont la chaleur de formation est élevée, on peut obtenir ceux-ci à l'état de grande pureté par électrolyse d'un sel soluble.

L'appareil est constitué par la jonction de deux tubes en U suivant le dessin ci-dessus.

On remplit complètement l'appareil de l'électrolyte et l'on met les électrodes en rapport avec une source de courant continu pouvant débiter quelques dizaines de millampères sous des tensions atteignant éventuellement deux mille volts.

Quand l'électrolyse est terminée, les oxydes sont séparés dans chaque tube

(¹) Séance du 23 décembre 1946.

(²) On trouvera un résumé des travaux antérieurs sur cette question dans la brochure : *Nouveaux aperçus sur l'électrolyse*, Hermann et C^ie, 1943.

en U et la partie CAD est formée d'eau pure. On s'aperçoit de ce fait à l'augmentation considérable de la résistance de l'appareil, qui se traduit par l'augmentation du voltage et par la diminution de l'intensité.

En ouvrant alors la pince A, on désamorce le siphon et l'on sépare les deux compartiments dont on peut recueillir les produits. Cette technique permet de préparer dans un grand état de pureté les oxydes ou les hydrates sans l'addition d'aucun réactif.

Comme nous l'avons vérifié, on peut séparer quantitativement l'acide sulfurique et la potasse du sulfate de potassium. Ceci n'a pas d'intérêt pratique pour le cas de ces deux substances; mais quant il s'agit d'alcalins rares comme le rubidium et le cæsium, c'est la seule méthode qui convienne pour effectuer la préparation quantitative de la rubidine et de la cæsine sur des masses de l'ordre du gramme.

La méthode s'applique parfaitement à des oxydes insolubles. Nous avons préparé de cette manière, à partir du sulfate de magnésium, de la magnésie hydratée très pure répondant à la formule $Mg(OH)_2$. De même nous avons obtenu de la glucine $Gl(OH)_2$ à partir du sulfate de glucinium.

Leur analyse a été effectuée au moyen de la thermobalance Chevenard par application de la méthode de pesée continue préconisée par Guichard. Nous avons ainsi pu vérifier que la magnésie hydratée commence à perdre son eau à la température de 340° et que la déshydratation est rapide jusqu'à 480°, mais n'est totale qu'à 800°.

Quant à la glucine, elle se déshydrate rapidement à partir de 230° jusqu'à 400°, mais les dernières traces d'eau ne partent que vers 900°.

Ainsi que le montrent les spectres de rayons X, les deux oxydes hydratés préparés dans ces conditions sont cristallisés.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez le* Genista tinctoria *L.* Note de M. **René Souèges**.

On a pu établir quelques rapprochements, au point de vue embryogénique, entre les Fumariacées, d'une part, et, d'autre part, certaines Papilionacées [1] appartenant aux tribus des Viciées et des Trifoliées. Il importe de savoir si ces analogies sont plus étendues, plus profondes, et peuvent se retrouver dans d'autres tribus. Pour ce qui est des Génistées, L. Guignard [2] a déjà fait remarquer, en 1881, que la formation du proembryon n'offre pas, chez ces plantes, la marche régulière des segmentations si constante chez les Viciées;

---

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, 223, 1946, pp. 60 et 493; *Ann. Sc. nat. Bot.*, 11e série, 7, 1946, p. 1.

(2) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6e série, 12, 1881, p. 75.

mais si les observations de ce savant, relatives surtout au *Cytisus Laburnum* L., au *Spartium junceum* L. et à certaines espèces de *Lupinus*, se sont montrées particulièrement fécondes et ont conduit à des résultats remarquables, elles ne nous renseignent pas sur les lois véritables qui président au développement de l'embryon et ne nous permettent pas de procéder à des comparaisons d'où nous puissions tirer des conclusions satisfaisantes.

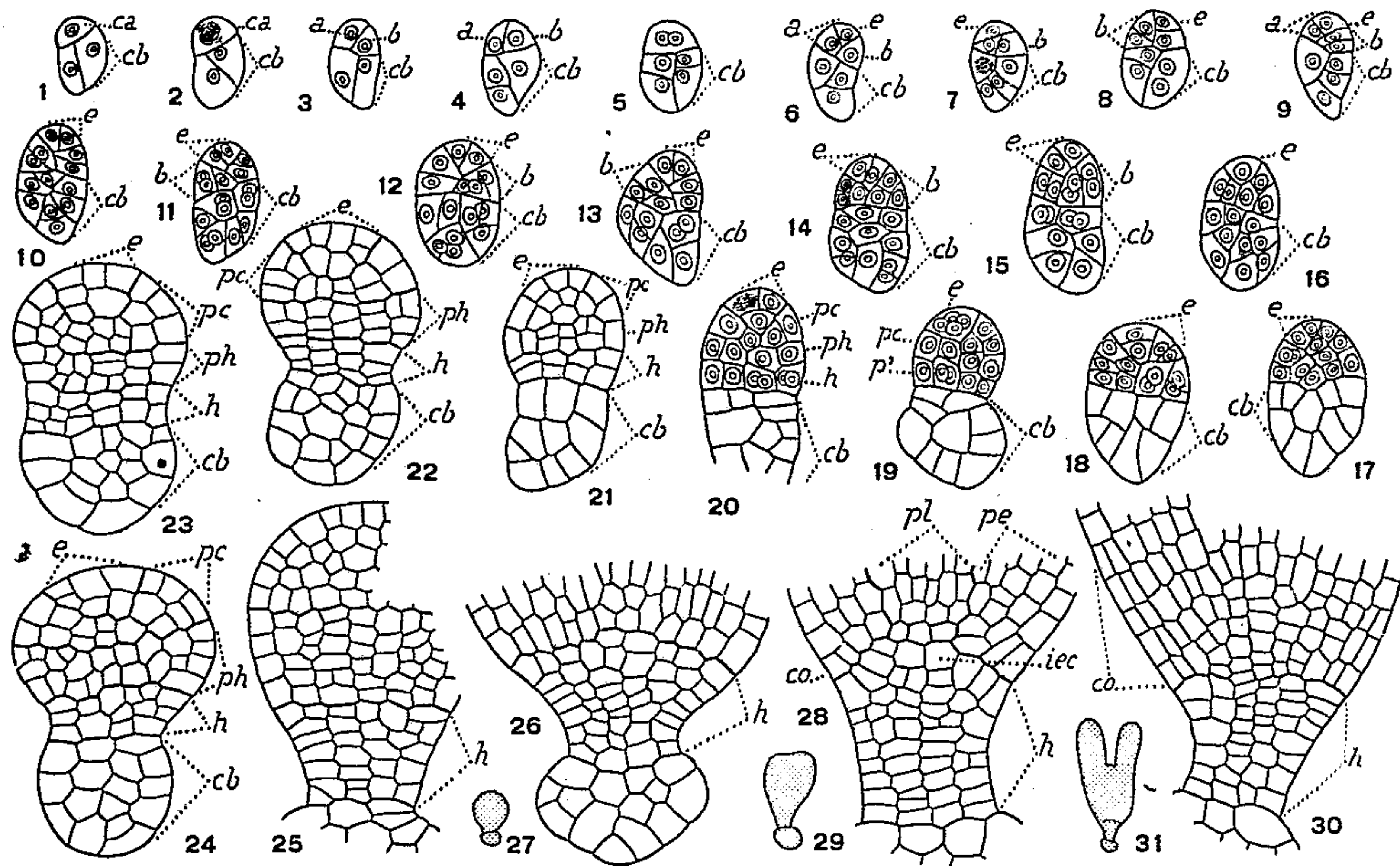


Fig. 1 à 31. — *Genista tinctoria* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou suspenseur proprement dit; *a* et *b*, cellules-filles de la cellule apicale ou groupes cellulaires qui en dérivent; *e*, épiphyse; *pc*, partie cotylée; *p'*, assise engendrant la partie hypocotylée *ph*, et la région hypophysaire *h*; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *co*, portions latérales de la coiffe. En 27, 29, 31, aspect général des formes d'où sont tirés les détails des figures 26, 28 et 30. G. = 290; 30 pour les figures 27, 29 et 31.

Les figures 1 à 8 montrent nettement que les premières segmentations ont lieu chez le *Genista tinctoria* comme chez le *Spartium*. On notera néanmoins que la première paroi, dans la cellule apicale, comme dans la cellule basale, est plus ou moins oblique, séparant deux éléments dissemblables *a* et *b*; que la tétrade, de ce fait, est du type globuleux (*fig.* 3) et que le proembryon octocellulaire (*fig.* 8, 9) présente, dans sa partie supérieure, quatre quadrants, dont l'un, celui du sommet, se montre nettement différencié en cellule épiphysaire. Il est évident que la segmentation procède, aux stades suivants, par cloisonnements obliques, comme dans les premiers temps, qu'il est difficile de toujours bien déterminer leur direction et que des assises cellulaires régulièrement orientées ne se constituent pas dans tous les cas de manière distincte.

Cependant on peut voir, par les figures 10 à 15, que l'épiphyse produit d'abord deux cellules par division anticline; que les premières cloisons tangentielles dans son intérieur apparaissent seulement aux stades des figures 18 à 20. Plus tard, on ne peut guère reconnaître avec certitude les limites du groupe cellulaire engendré par la cellule épiphysaire. Dans la série des formes allant de 10 à 18, on peut aisément se rendre compte

de la manière dont se différencient, aux dépens des cellules sous-épiphysaires, d'abord deux assises, *pc* et *p'* (*fig.* 19), puis trois, *pc*, *ph*, *h* (*fig.* 20). De semblables assises ont déjà été observées dans le *Trifolium minus* [3]; leur histoire, dans les deux cas, est très étroitement comparable.

L'assise *pc* donne naissance à la partie cotylée *sensu stricto*; elle fournit, dans sa portion centrale, au voisinage de l'axe, les initiales du plérome de la tige; dans sa région périphérique, en deux points diamétralement opposés, se différencient les méristèmes cotylédonaires (*fig.* 21 à 25). L'assise *ph* engendre la partie hypocotylée. En 21, 22, 23, 24, on voit comment procède la segmentation dans son intérieur, par cloisons horizontales d'abord (*fig.* 21, 22), verticales ensuite ou diversement orientées (*fig.* 23, 24). Peu avant la formation des protubérances cotylédonaires (*fig.* 25), toute trace de démarcation entre partie cotylée et partie hypocotylée disparaît. L'assise *h* donne tout d'abord, par divisions transversales, deux ou trois nouvelles assises (*fig.* 21, 22); seules, celles qui avoisinent la partie hypocotylée se cloisonnent ensuite longitudinalement, de sorte que la portion du corps qu'engendre *h* se montre bientôt plus étroite dans sa partie inférieure touchant au suspenseur. Dans cette région, au contact même du suspenseur, on ne peut guère compter plus de quatre éléments dans les coupes longitudinales des formes embryonnaires, même aux stades les plus avancés (*fig.* 24 à 30). Cette région inférieure participe à la formation d'un court pédicule qui rattache l'embryon proprement dit au suspenseur *sensu stricto*, tandis que la région supérieure, se comportant comme un véritable tissu hypophysaire, donne naissance aux initiales de l'écorce de la racine et à la portion médiane de la coiffe.

Le dermatogène s'individualise sur toute la périphérie du corps au terme de la vie proembryonnaire seulement; le périblème et le plérome ne se montrent bien séparés que beaucoup plus tard, lorsque les protubérances cotylédonaires sont déjà très avancées dans leur croissance (*fig.* 28, 30). La coiffe, dont les portions latérales se développent largement aux dépens du dermatogène de la partie hypocotylée (*co*, *fig.* 28, 30) apparaît à un moment donné, nettement délimitée de l'écorce sur toute son étendue.

Le suspenseur proprement dit tire origine de la cellule basale du proembryon bicellulaire. Il est peu distinct au début du corps embryonnaire (*fig.* 8 à 18); il se renfle ensuite, devient globuleux, quelque peu aplati (*fig.* 19, 22, 24, 26). Les macromères qui le constituent, d'abord peu différents des micromères qui contribuent à la construction de l'embryon, deviennent ensuite plus gros et moins chromatiques.

Les lois qui président au développement de l'embryon chez le *Genista tinctoria* sont, dans leurs traits essentiels, les mêmes que celles qui ont été exposées au sujet du *Trifolium minus*. Les descriptions qui ont été données naguère relativement à cette dernière espèce pourraient être reprises pour rendre compte de certains détails de l'embryogénie du *Genista* qui n'ont pu ici être abordés. Les bipartitions, au cours des premiers termes du développement, se succèdent plus régulièrement chez le *Genista*, puisque, à la troisième génération cellulaire, on rencontre des formes nettement octocellulaires (*fig.* 8) et, à la quatrième, des formes composées de seize éléments environ (*fig.* 25, par ex.). Chez le *Trifolium*, la segmentation procède, dès le début, dans la cellule basale plus lentement que dans la cellule apicale.

---

(3) R. Souèges, *Comptes rendus*, 184, 1927, pp. 1018 et 1196; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 76, 1929, p. 338.

MICROBIOLOGIE. — *Des propriétés antidotiques des filtrats de culture d'*Actinomyces griseus. *Leurs caractéristiques principales.* Note (1) de MM. **Gaston Ramon, Constantin Levaditi, Rémy Richou** et Mlle **Jeanine Henry.**

Il a été établi précédemment (2) que les filtrats de culture de *Penicillium notatum* possèdent, comme ceux du *B. subtilis* (3), à l'égard des toxines bactériennes telles que les toxines staphylococcique, diphtérique etc., des propriétés antidotiques qui leur permettent d'altérer et même de détruire ces toxines dans les conditions qui ont été précisées.

En est-il de même des filtrats de culture d'*Actinomyces griseus* d'où, on le sait, Waksmann et ses collaborateurs ont réussi à retirer une nouvelle substance antibiotique, la *streptomycine* (4)? Telle est la question que nous nous sommes posée et à laquelle nous avons cherché à répondre, dès que nous fûmes à même de préparer des filtrats de culture d'*Actinomyces griseus* suffisamment actifs (5).

Les divers essais que nous avons entrepris à ce sujet ont été effectués selon des techniques identiques à celles suivies antérieurement pour déceler et étudier le pouvoir antidotique des filtrats de culture de *B. subtilis* et de *Penicillium notatum* (6).

Dans une première série d'expériences, nous avons recherché dans divers filtrats d'*Actinomyces griseus*, l'existence de propriétés antidotiques à l'égard : *a.* de la toxine staphylococcique; *b.* de la toxine diphtérique, choisies comme types d'exotoxines microbiennes.

a. A l'égard de la toxine staphylococcique. — Toxine staphylococcique et filtrat d'*Actinomyces griseus* titrant 10 à 15 unités par centimètre cube sont mélangés à parties égales. Les mélanges sont mis à l'étuve à la température de 37°. Au bout de trois heures, six heures, vingt-quatre heures, etc., on contrôle leur pouvoir toxique au moyen du procédé courant de dosage de l'activité hémolytique *in vitro*.

De ces contrôles, il ressort que les 200 doses hémolytiques de toxine staphylococcique que renfermaient les mélanges sont totalement détruites en moins de six heures; avec certains filtrats, la destruction était déjà complète au bout de trois heures à peine de séjour à l'étuve, du mélange toxine staphylococcique-filtrat d'*Actinomyces griseus*.

---

(1) Séance du 6 janvier 1946.

(2) G. Ramon, R. Richou et J. Ramon, *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 621 et 772; *Revue d'Immunologie*, **10**, 1946, pp. 9-32.

(3) G. Ramon et R. Richou, *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 543 et 801; **221**, 1945, pp. 213 et 271; *Revue d'Immunologie*, **9**, 1944-1945, pp. 161-217.

(4) Consulter à ce sujet C. Levaditi, *La Presse Médicale*, n° 44, 5 octobre 1946, p. 656.

(5) La souche utilisée nous a été envoyée par M. Waksmann.

(6) Voir G. Ramon et R. Richou, *loc. cit.*

b. A l'égard de la toxine diphtérique. — Des mélanges sont constitués renfermant $0^{cm^3},9$ de filtrat d'*Actinomyces griseus* et $0^{cm^3},1$ de toxine diphtérique représentant 50 doses mortelles pour un cobaye de 300^g; ils sont exposés à la température de 37°. Ces mélanges, après un temps de séjour à l'étuve, variable pour chacun d'eux, sont éprouvés chez le cobaye. Il résulte de ces épreuves que la toxine diphtérique est rapidement détruite par les différents échantillons de filtrat de culture d'*Actinomyces griseus* que nous avons utilisés. Après vingt-quatre heures à l'étuve et même dans certains cas, après dix heures, les mélanges ne renferment plus aucune trace décelable de poison diphtérique. Par contre, la toxine seule abandonnée durant le même temps à la température de 37° n'a rien perdu de son pouvoir toxique.

Ainsi que l'établissent ces expériences et d'autres du même genre, les filtrats de culture d'*Actinomyces griseus* possèdent donc bien des propriétés antidotiques à l'égard des exotoxines microbiennes : les toxines diphtérique et staphylococcique par exemple.

Ajoutons que des essais effectués comparativement nous ont montré que la *streptomycine* [7], principe antibiotique extrait, par purification, des cultures d'*Actinomyces griseus*, ne fait preuve d'aucun pouvoir antidotique ni sur le poison staphylococcique, ni sur le poison diphtérique.

Poursuivant nos investigations, nous avons recherché les caractéristiques principales des propriétés antidotiques ainsi mises en évidence dans les filtrats d'*Actinomyces griseus*.

En premier lieu, nous avons étudié leur *stabilité* à l'égard de la chaleur. Dans ce but, après avoir chauffé des filtrats à 55°, 65°, 75°, 100°, 110°, nous avons examiné leur action sur les toxines staphylococcique et diphtérique. Nous avons constaté qu'avec des filtrats chauffés durant une demi-heure soit à 55°, soit à 65°, soit à 75°, le temps de destruction totale des toxines par ces filtrats devient de moins en moins rapide, surtout en ce qui concerne la toxine diphtérique ; cependant ce n'est qu'à partir de 75° que la propriété antidotique subit une atteinte importante et de plus en plus forte, pour être entièrement détruite à 100°. Les propriétés antidotiques des filtrats d'*Actinomyces* paraissent ainsi un peu plus stables vis-à-vis de la chaleur que celles des filtrats de *Penicillium notatum*.

Faisant agir nos filtrats sur les toxines soit à la température de l'étuve (37°), soit à celle du laboratoire (18 à 20°), soit à celle de la chambre froide (+ 4°), nous avons observé que les propriétés antidotiques s'exercent plus lentement à 18° qu'à 37°, et plus lentement encore à + 4° ; toutefois, même à + 4°, le poison diphtérique perd toute sa toxicité en 48 heures.

Si, comme nous l'avons fait, on ajoute du formol (solution commerciale d'aldéhyde formique) aux filtrats d'*Actinomyces* à raison de $0^{cm^3},03$ pour

(7) Streptomycine Merck.

100$^{cm^3}$ de filtrat, on se rend compte que leurs propriétés antidotiques ne sont pas troublées dans une mesure appréciable.

Ainsi, en résumé :

1° Les filtrats de culture d'*Actinomyces griseus* tels que ceux dont nous avons fait usage sont doués, tout comme les filtrats de *B. subtilis* et de *Penicillium notatum* et à l'encontre de la streptomycine purifiée, de *propriétés antidotiques* grâce auxquelles ils se montrent capables d'annihiler dans leur pouvoir toxique des quantités relativement grandes de toxines bactériennes telles que les toxines staphylococcique et diphtérique.

2° Les propriétés antidotiques des filtrats d'*Actinomyces* paraissent relativement *stables* à l'égard de la chaleur. Elles ne commencent guère à diminuer d'intensité qu'à partir du chauffage à 75°; leur anéantissement est total à 100°.

3° La destruction du poison diphtérique, par exemple, par les filtrats d'*Actinomyces griseus*, particulièrement rapide à la température de 37°, est encore effective lorsque le mélange toxine-filtrat est exposé à des températures plus basses, 18° ou 4°, mais elle s'opère plus lentement.

4° L'addition aux filtrats d'*Actinomyces griseus* d'une minime proportion de formol (0,03 %) n'altère pas notablement leurs propriétés antidotiques.

M. **Maurice Caullery** fait hommage à l'Académie de deux monographies publiées récemment par lui sur les matériaux récoltés par l'expédition néerlandaise du *Siboga* (1899-1900) dans les mers de l'Insulinde :

1° *Siboglinum Caullery* 1914, *type nouveau d'Invertébrés d'affinités à préciser* (1).

2° *Polychètes sédentaires de l'expédition du Siboga* (2).

Le genre *Siboglinum*, signalé d'abord dans les *Comptes rendus* (3), est un organisme (récolté de façon relativement abondante dans une série de stations abyssales) qui ne rentre dans aucun des groupes zoologiques connus. Il est possible, d'ailleurs, que les échantillons obtenus ne représentent pas l'organisme entier. La publication de la Note préliminaire faite en 1914 n'a provoqué jusqu'ici (à ma connaissance) aucune suggestion sur les affinités de cet organisme énigmatique. La monographie présentée ici fournit des documents plus détaillés sur la structure, sans permettre des conclusions plus précises.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Thomas Henry Havelock** et **Walter Davis Lambert** sont élus Correspondants pour la Section de Géographie et Navigation en remplacement de M. *Jules Richard*, décédé, et de M. *Pierre Lejay*, élu Membre non résidant.

---

(1) *Siboga Expeditie*, fasc. 138, 1944, 26 p., 89 fig.
(2) *Siboga Expeditie*, fasc. 139, 1944, 204 p., 157 fig.
(3) *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 2014.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats au poste de Directeur de l'Observatoire de Physique du Globe du Pic du Midi, pour la première ligne, M. **Alexandre Dauvillier** obtient 28 suffrages contre 17 à M. **Jean Bricard** et 1 à M. **Bernard Lyot**; il y a 2 bulletins blancs.

Pour la seconde ligne, M. **Jean Bricard** obtient 27 suffrages, contre 6 à M. **Henri Dessens**; il y a 1 bulletin blanc et 4 bulletins nuls.

En conséquence, la liste présentée à M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** comprendra :

En première ligne.......... M. **Alexandre Dauvillier**.
En seconde ligne.......... M. **Jean Bricard**.

A l'occasion de cette présentation, l'Académie décide d'adresser à M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** le vœu suivant :

L'Académie des Sciences, considérant le très haut intérêt des travaux scientifiques effectués à l'Observatoire du Pic du Midi au triple point de vue de l'Astronomie, de la Physique et de la Biologie, demande que les savants puissent y travailler à un meilleur rendement et dans une plus grande sécurité grâce à une liaison rapide, sûre et économique, assurant le transport du personnel et des instruments. Le téléphérique correspondant, actuellement étudié, devrait fonctionner dans le plus court délai, au plus tard dans le prochain été.

CORRESPONDANCE.

M. **Dimitri Nicolaïevitch Prianichnikov**, élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale, adresse des remercîments à l'Académie.

Le **Général Commandant l'École polytechnique** adresse des remercîments à l'Académie pour la subvention qui a été attribuée à cette École sur la Fondation Loutreuil.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture du télégramme suivant :

Peiping, le 9 janvier.

Sorry to learn professor Langevin has passed away allow us to express our deepest sorrow and sympathy National Academy of Peiping.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Le théorème du continu.* Note (1) de M. **Henri Eyraud**.

Le théorème du continu peut être démontré en utilisant la notation des transfinis ordinaux de la troisième classe, par des fonctionnelles arithmé-

(1) Séance du 6 janvier 1947.

tiques ([2]), bien ordonnées par croissances ascendantes, et dont l'ensemble a la puissance $\aleph_2$.

Une telle fonctionnelle équivaut à une série transfinie d'ordinaux de la seconde classe

$$(1) \qquad f_1,\ f_2,\ \ldots,\ f_\omega,\ \ldots,\ f_\beta,\ \ldots,$$

où β est un indice ordinal parcourant toute l'échelle des ordinaux de première et de seconde classes.

Chaque terme f_β de la série (1) équivaut à une fonction arithmétique, donc à une suite infinie d'entiers

$$(2) \qquad \alpha_1,\ \alpha_2,\ \ldots,\ \alpha_n,\ \ldots,$$

où l'indice n parcourt l'échelle des nombres entiers; on peut aussi faire correspondre à (2) un nombre x compris entre 0 et 1 par la représentation binaire

$$(3) \qquad x = \frac{1}{2^{\alpha_1}} + \frac{1}{2^{\alpha_1+\alpha_2}} + \ldots.$$

Chaque fonctionnelle (1) peut donc être représentée par une succession transfinie de points placés dans le carré

$$0 < x < 1, \qquad 0 < y < 1,$$

en désignant par x l'abscisse qui correspond à l'indice transfini β et par y l'ordonnée qui correspond à l'ordinal f_β.

En joignant ces points successifs par des segments de droites, on obtient une ligne polygonale de $\aleph_1$ côtés que nous considérons comme la représentation de la fonctionnelle (1).

L'ensemble des fonctionnelles F représentatives des ordinaux de la troisième classe forme un réseau de lignes polygonales, en infinité $\aleph_2$. Sur chaque abscisse β il y a au moins un point f_β par lequel il passe une infinité $\aleph_2$ de pareilles lignes polygonales. En partant de l'abscisse 1, on peut de proche en proche déterminer des alignements.

$$(4) \qquad f'_1,\ f'_2,\ \ldots,\ f'_\omega,\ \ldots,\ f'_p,\ \ldots,$$

jouissant de la propriété suivante : par tout tronçon fini ou dénombrable d'un pareil alignement, par exemple

$$(5) \qquad f'_1,\ f'_2,\ \ldots,\ f'_\omega,\ \ldots,\ f'_\beta,$$

il passe une infinité $\aleph_2$ de fonctionnelles F.

Ces alignements (4) peuvent être appelés fonctionnelles enveloppes. On peut démontrer qu'à partir d'une certaine hauteur dans l'échelle, toute fonctionnelle F est une fonctionnelle enveloppe, propriété que nous n'aurons pas à utiliser.

([2]) *Ann. de l'Un. de Lyon*, fasc., 7, 1944, p. 5.

Sur chaque alignement (4) il existe nécessairement une infinité de sommets d'où s'échappent latéralement une infinité $\aleph_2$ de lignes F; ces sommets ou nœuds sont nécessairement en infinité $\aleph_1$ sur (4), sans quoi (4) ne saurait être une fonctionnelle enveloppe.

Dans leur ensemble les lignes (4) figurent donc un schéma bifurqué R dont chaque file possède $\aleph_1$ sommets, et parmi ces sommets une infinité $\aleph_1$ de nœuds de bifurcation.

De ce réseau R extrayons un réseau R', en limitant à 2 le nombre maximum des bifurcations en chaque nœud, en partant d'un point d'abscisse 1, et en limitant la longueur de chaque file à un nœud α_β déterminé, mais tel qu'avant lui il y en ait une infinité d'autres. Le réseau R' est alors un schéma bifurqué binaire d'ordre infini. L'ensemble de ses files a la puissance du continu.

Je dis que cet ensemble a aussi la puissance $\aleph_1$; en effet par chaque extrémité d'une file R', faisons passer la fonctionnelle F la plus basse passant par cette file. On obtient un nouveau réseau R_1 de fonctionnelles F, mais ce réseau R_1 ne contient qu'une infinité $\aleph_1$ de fonctions F, puisque aucune de ses files de $\aleph_1$ sommets n'admet $\aleph_1$ nœuds de bifurcation.

Le théorème du continu est donc démontré, et la bonne ordination du continu est assurée, puisque à toute file du réseau R_1 correspond d'une part une représentation binaire d'un nombre compris entre zéro et 1, d'autre part un ordinal F de la troisième classe. Ces ordinaux F sont d'ailleurs tous inférieurs à un ordinal déterminé de la troisième classe, puisqu'ils sont seulement en infinité $\aleph_1$.

ALGÈBRE. — *Extension de la théorie de Galois aux corps non commutatifs.* Note (1) de M. **Henri Cartan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. La *théorie de Galois*, sous la forme que lui a donnée Artin, consiste à étudier les relations entre les groupes d'automorphismes d'un corps (commutatif) K, et les sous-corps du corps K. De ce point de vue, elle est susceptible d'être généralisée au cas des corps non commutatifs (Schiefkörper), comme nous allons le montrer dans cette Note et dans une Note ultérieure. Notre théorie englobe celle que E. Nœther (2) nommait la *théorie de Galois* des corps non commutatifs, et qui concernait les groupes d'automorphismes *intérieurs* d'un corps de rang fini sur son centre. Mais notre théorie englobe aussi la théorie de Jacobson (3), relative aux groupes d'automorphismes *extérieurs* d'un corps (commutatif ou non), théorie qui elle-même contenait comme cas parti-

(1) Séance du 6 janvier 1947.

(2) *Nichtkommutative Algebra* (*Math. Zeits.*, 37, 1933, pp. 514-541). Pour ces questions, consulter Deuring, *Algebren* (*Ergebnisse*, IV, 1, 1935). Voir aussi van der Waerden, *Modern Algebra*, II, 2e éd., pp. 202-204 (*Hauptsätze der Schiefkörpertheorie*).

(3) *Ann. of Math.*, 41, 1940, pp. 1-7.

culier celle de Galois-Artin pour le cas commutatif. Ainsi les théories de Skolem-Nœther d'une part, de Galois-Artin-Jacobson d'autre part, apparaissent comme les deux pôles d'une théorie unitaire ([1]).

2. Pour pouvoir énoncer nos théorèmes, il faut préciser certaines notions et notations.

Par *automorphisme* d'un corps K (commutatif ou non), on entend une application biunivoque ω de K sur K, telle que $\omega(x-y)=\omega(x)-\omega(y)$, et $\omega(xy)=\omega(x)\omega(y)$. Soit K^* le groupe multiplicatif des éléments $\neq 0$ de K; plus généralement, L^* désignera le sous-groupe de K^* formé des éléments $\neq 0$ d'un sous-corps L. Pour $k\in K^*$, l'application $x\to kxk^{-1}$ de K sur K est un automorphisme de K, dit *intérieur*, et noté σ_k. Les automorphismes intérieurs de K forment un *groupe* Γ, isomorphe au groupe quotient K^*/C^* (C désigne le *centre* de K). Pour tout groupe G d'automorphismes (quelconques) de K, $G\cap\Gamma$ est sous-groupe *distingué* de G; notons K(G) le *sous-groupe* de K^* formé des k tels que $\sigma_k\in G$; K(G) contient C^* et est *invariant* (dans son ensemble) par le groupe G. Soit $\widehat{K(G)}$ le *sous-corps* (de K) engendré par K(G). Les automorphismes composés de la forme $\sigma_k\circ\omega$, où ω parcourt G, et k parcourt $(\widehat{K(G)})^*$, forment un *groupe* $\widehat{G}$ contenant G. On dira que G est *achevé* si $\widehat{G}=G$, c'est-à-dire si $K(G)\cup\{0\}$ est un *sous-corps* de K. Dans tous les cas, $\widehat{G}$ est achevé; c'est le plus petit sous-groupe achevé contenant G.

3. La donnée d'un *sous-corps* L de K définit sur K une structure *d'espace vectoriel* (à gauche) sur le corps L, et aussi une structure d'espace vectoriel (à droite) sur L. Pour toute partie E de K, on appelle *rang* (à gauche) de E sur L, la dimension du sous-espace vectoriel (à gauche sur L) engendré par E; on définit de même le rang à droite. Si K est de rang *fini* (à gauche) sur L, tout *sous-anneau* de K contenant L est un *sous-corps* de K.

En particulier, K est muni d'une structure d'espace vectoriel sur son centre C (les deux structures à gauche et à droite sont identiques). G désignant un groupe d'automorphismes de K, le sous-espace vectoriel (sur C) engendré par K(G) est un *sous-anneau* de K; en outre, si K(G) est de rang *fini* sur C, ce sous-anneau est un *sous-corps*, et c'est donc $\widehat{K(G)}$.

4. A chaque sous-corps L de K on associe le groupe, noté G_L^K, de tous les automorphismes de K qui laissent invariants tous les éléments de L (individuellement). Ce sont, en somme, les automorphismes de la structure de *corps* de K qui sont aussi automorphismes de la structure *d'espace vectoriel sur* L. Le groupe G_L^K est *achevé*.

([1]) Toutefois les résultats de Skolem-Nœther valent non seulement pour les corps, mais pour les *anneaux simples*, tandis que nos résultats et les méthodes qui y conduisent sont particuliers au cas des corps.

Inversement, à tout groupe G d'automorphismes de K, on associe le sous-corps des éléments (de K) invariants par G. Un sous-corps L est dit *sous-corps galoisien* de K s'il est le sous-corps des invariants d'un groupe convenable d'automorphismes de K; dans ce cas, on dit aussi que K est une *extension galoisienne* de L, et G_L^K s'appelle le *groupe de Galois* de K relativement à L.

Deux groupes distincts peuvent posséder le même sous-corps d'invariants. Par exemple, le plus petit groupe achevé $\widehat{G}$ contenant un groupe d'automophismes G possède le même sous-corps d'invariants que G.

Dans une prochaine Note, nous énoncerons les principaux théorèmes de la *théorie de Galois* pour les corps non nécessairement commutatifs.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les coefficients différentiels d'ordre supérieur*. Note de M. **Ernest Corominas Vigneaux**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous appelons dérivées de Peano celles qu'a étudiées M. Denjoy dans son Mémoire fondamental *Sur l'intégration des coefficients différentiels d'ordre supérieur* (*Fundamenta Mathematicæ*, 1935). Il semble que Peano fut le premier à donner une définition convenable des dérivées en employant le développement de Taylor. Pour les propriétés des dérivées (P), on peut consulter le Mémoire sus-indiqué.

Nous disons, suivant Peano, que $f(x)$ est n fois différentiable dans un point x quand elle est égale à un polynome de degré n, dont la variable est l'accroissement, plus un infiniment petit d'ordre supérieur à n. Nous aurons donc

$$(1)\qquad f(x+h)=f(x)+\frac{f'(x)}{1!}h+\frac{f''(x)}{2!}h^2+\ldots+\frac{f^{(n)}(x)}{n!}h^n+o(h^n).$$

Cette formule est, dans le calcul classique, un théorème; ici par contre nous la prenons comme point de départ. Nous avons pu démontrer, pour ces coefficients différentiels, la validité des théorèmes de la valeur moyenne.

Par exemple, si nous représentons le système de points $a_1 a_2, \ldots, a_{n+1}$ par le symbole E, et par $\underset{E}{\Delta}^n f(x)$ la $n^{\text{ième}}$ différence ajustée de $f(x)$ prise sur les $n+1$ points E, alors nous pourrons écrire

$$(2)\qquad \underset{E}{\Delta}^n f(x)=f^{(n)}(c),$$

où c est un point compris entre les deux points extrêmes de E. Bien entendu, la dérivée du second membre est une dérivée de Peano, et la différence ajustée est une différence divisée, multipliée par n.

Dans le cas particulier où $n=1$, (2) devient le théorème des accroissements finis.

D'une façon analogue, si entre les extrêmes de E, $f^{(n)}(x)$ et $g^{(n)}(x)$ ne s'annulent pas simultanément et $\underset{E}{\triangle}^n g(x) \neq 0$, il existe toujours au moins un point intérieur c tel que

$$(3) \qquad \frac{\underset{E}{\triangle}^n f(x)}{\underset{E}{\triangle}^n g(x)} = \frac{f^{(n)}(c)}{g^{(n)}(c)}.$$

C'est le théorème analogue au théorème de Cauchy.

Aussi, quand on a $f'(x) = f''(x) = \ldots = f^{(n-1)}(x) = 0$ et $f^{(n)}(x) \neq 0$, on peut écrire

$$(4) \qquad f(x+h) - f(x) = \frac{h^n}{n!} f^{(n)}(x + dh) \qquad (0 < d < 1).$$

De ce fait, on tire la validité du reste de Lagrange, avec les dérivées de Peano, pour le développement de Taylor.

On peut aisément comprendre la possibilité de la déduction de chaque théorème classique dans le langage de la nouvelle dérivation. Par exemple, les dérivées (P) ont aussi la propriété de Darboux.

Quand $f(x)$ admet une dérivée (P) d'ordre $(n+m)$, on a

$$(5) \qquad \underset{E}{\triangle}^m f^{(n)}(x) = f^{(n+m)}(c),$$

quoique, en général, $f^{(n+m)}(x)$ ne soit pas la dérivée d'ordre m de $f^{(n)}(x)$.

Profitant de cette particularité, nous avons introduit un nouveau système de dérivation (P_n). Dans ce système la dérivée $m^{\text{ième}}$ de $f^{(n)}(x)$ est $f^{(n+m)}(x)$. Bien entendu, le calcul effectif de la dérivée d'ordre $m(P_n)$ exige la détermination de la primitive $n^{\text{ième}}$ de $f^{(n)}(x)$; ceci a été réalisé préalablement par M. Denjoy moyennant une totalisation spéciale.

Le système de dérivation (P_n), dès que $n > 0$, permet à certaines fonctions discontinues d'être différentiables. La validité des théorèmes de la valeur moyenne est assuré, selon (5), par la dérivation (P_n).

D'ailleurs, on démontre sans difficultés que la dérivée (P) d'ordre m de $f^{(n)}(x)$, si elle existe, est la dérivée d'ordre $n+m$ de $f(x)$. Comme nous l'avons déjà remarqué, la réciproque n'est pas exacte, et c'est ce qui constitue l'unique différence que nous ayons rencontrée entre dérivées (P) et ordinaires. On voit donc que le système (P) généralise, en conservant presque toutes ses propriétés, le système des dérivées ordinaires, tout en comprenant un champ beaucoup plus vaste.

Les deux modes de dérivation peuvent éventuellement se séparer, mais seulement dans le cas de dérivées non bornées. Effectivement, nous avons montré

l'équivalence des deux systèmes dans le cas de dérivées bornées. Cela fait comprendre la nature de la différence entre les deux conceptions, parce que c'est dans le cas de discontinuité, finie ou infinie, que la seule dérivation possible est celle de Peano. Elle ne réussit cependant pas toujours.

Les théorèmes classiques de dérivation des séries fonctionnelles sont aussi valables dans le nouveau système.

Pour les points remplissant certaines conditions locales, on peut également signaler quelques résultats. Par exemple, étant donnée une fonction différentiable dans le sens ordinaire, et dont la courbe représentative a trois points en ligne droite, il existe toujours au moins un point d'inflexion. Ces points d'inflexion forment un ensemble qui peut être non dénombrable, tandis que l'ensemble des points de maximum ou minimum ne peut dépasser l'infinité dénombrable.

CALCUL SYMBOLIQUE. — *Image de $f(\sqrt{t})$; application à la résolution d'une équation intégrale*. Note de M. **Maurice Parodi**.

Soit $\varphi(p) \subset f(t)$; proposons-nous d'exprimer l'image de $f(\sqrt{t})$ en fonction de $\varphi(p)$.

Par définition, on a pour l'image de $f(\sqrt{t})$

$$(1) \qquad I(p) = p\int_0^\infty e^{-pt} f(\sqrt{t})\,dt.$$

Posons $\sqrt{t} = z$, nous obtenons

$$I(p) = 2p\int_0^\infty e^{-pz^2} z f(z)\,dz.$$

Or, on sait que l'on a

$$e^{-pz^2} = \frac{1}{z\sqrt{\pi p}\sqrt{p}}\int_0^\infty e^{-zy}\cos\left(\frac{y^2}{2p} - zy\right) y\,dy.$$

Il vient donc en supposant $f(z)$ telle que l'on puisse intervertir l'ordre des intégrations [en particulier si $f(z) = z^\alpha$, il faut $|\alpha| < 1$],

$$(2) \qquad I(p) = \frac{2}{\sqrt{\pi p}}\int_0^\infty y\,dy\int_0^\infty e^{-zy} f(z)\cos\left(\frac{y^2}{2p} - zy\right) dz.$$

En posant

$$A = \int_0^\infty e^{-zy} f(z)\cos\left(\frac{y^2}{2p} - zy\right) dz,$$

des calculs élémentaires donnent

$$A = \frac{1}{2}\left\{ e^{\frac{iy^2}{2p}} \frac{\varphi[y(1+i)]}{y(1+i)} + e^{-\frac{iy^2}{2p}} \frac{\varphi[y(1-i)]}{y(1-i)} \right\}$$

et l'on obtient finalement

$$I(p)=\frac{1}{\sqrt{\pi p}}\int_0^\infty\left\{e^{\frac{iy^2}{2p}}\frac{\varphi[y(1+i)]}{1+i}+e^{-\frac{iy^2}{2p}}\frac{\varphi[y(1-i)]}{1-i}\right\}dy\subset f(\sqrt{t})$$

à condition que les intégrales aient un sens.

Application. — Soit à résoudre l'équation intégrale en $\varphi(p)$

$$(3)\qquad \frac{p}{\sqrt{\pi}}\int_0^\infty e^{-\frac{p^2x^2}{4}}\varphi\left(\frac{1}{x^2}\right)dx=\theta(p).$$

En posant

$$f(t)\supset\varphi(p),\quad g(t)\supset\theta(p),$$

l'équation (3) apparaît comme l'image, prise par rapport à t, de l'équation

$$f(t^2)=g(t),$$

puisque [1]

$$f(t^2)\supset\frac{p}{\sqrt{\pi}}\int_0^\infty e^{-\frac{p^2x^2}{4}}\varphi\left(\frac{1}{x^2}\right)dx.$$

Posant $t^2=z$, il vient

$$f(z)=g(\sqrt{z})$$

et une solution de (3) est

$$\varphi(p)=\frac{1}{\sqrt{\pi p}}\int_0^\infty\left\{e^{\frac{iy^2}{2p}}\frac{\theta[y(1+i)]}{1+i}+e^{-\frac{iy^2}{2p}}\frac{\theta[y(1-i)]}{1-i}\right\}dy,$$

solution pour laquelle il sera nécessaire de vérifier que l'inversion de l'ordre des intégrations dans (2) était possible et que l'intégrale a un sens.

TOPOLOGIE. — *Sur les fonctions multiformes.*
Note [1] de M. **Robert Brisac**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

A l'instigation de M. E. Blanc nous nous sommes proposé d'établir des relations entre certaines catégories de fonctions multiformes définies au moyen des limites supérieure et inférieure [2] et les fonctions semi-continues inférieurement et supérieurement de Hahn [3], en abrégé sci et scs.

I. Soient deux espaces topologiques quelconques X et Y [4] et soit R une application multiforme de X dans Y; R(x), x représentant un point de X, est

---

[1] P. Humbert et Mc Lachlan, *Formulaire pour le Calcul symbolique* (*Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. 100).

[1] Séance du 6 janvier 1946.

[2] E. Blanc, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1769.

[3] *Reelle Funktionen*, pp. 148 et suiv.

[4] Cf. par exemple Bourbaki, *Topologie générale*, Chap. I, p. 1.

un ensemble de Y; si R(x) est fermé pour tout x, nous dirons que R est fermée; nous désignerons par R⁻ l'application inverse de R. Par définition, la limite inférieure de R en x, IR(x), est l'ensemble des points y tels que l'image par R^- de tout voisinage de y (au sens de Fréchet) soit un voisinage de x; la limite supérieure de R en x, SR(x), est l'ensemble des points y tels que l'image par R^- de tout voisinage de y admette x comme point adhérent (ces définitions coïncident, dans le cas des métriques, avec les définitions habituelles ([5]) lorsque l'on n'exclut pas R(x) de la limite supérieure). Nous obtenons alors :

1° Pour qu'une fonction R soit sci en x, il faut et il suffit que l'adhérence de R(x) soit identique à IR(x) : les fonctions sci fermées coïncident avec les fonctions $\underline{\text{SCI}}$ de M. Blanc.

2° Si l'espace Y est régulier et si une fonction R est scs en x, l'adhérence de R(x) est identique à SR(x).

Si l'espace Y est compact ([6]) pour que R soit scs en x, il faut et il suffit que l'adhérence de R(x) soit identique à SR(x) : dans ce cas les fonctions scs fermées coïncident avec les fonctions $\overline{\text{SCI}}$ de M. Blanc (des exemples très simples montrent que cette dernière condition est nécessaire).

II. On sait qu'une fonction R sci (resp. scs) en tout point est caractérisée par le fait que l'image par R^- d'un ouvert (fermé) est ouverte (fermée) ([7]). Il en résulte d'importantes propriétés de ces fonctions qui ne possèdent pas les fonctions dont la semi-continuité est définie au moyen des limites; par exemple :

1° Si une fonction sci (ou scs) est uniforme, elle est continue.

2° La fonction composée de deux fonctions sci (resp. scs) est une fonction de même nature.

III. Voici au contraire une propriété propre aux fonctions $\overline{\text{SCI}}$.

Pour que l'image dans l'espace produit (X, Y) d'une fonction multiforme fermée R soit fermée, il faut et il suffit que, pour tout x, R(x) soit identique à SR(x) ([8]).

Il en résulte que si R est $\overline{\text{SCI}}$, R^- l'est aussi.

On en déduit, pour les fonctions scs, les propriétés suivantes qui les rapprochent des fonctions continues uniformes.

Si l'espace X est compact et l'espace Y est régulier, si la fonction R est scs et fermée, R^- est scs; dans les mêmes conditions, l'image d'un fermé par R est fermée.

IV. Tandis que les fonctions définies comme limites, sont fermées, les fonc-

([5]) Cf. par exemple KURATOWSKI, *Fund. Math.*, **18**, 1932, pp. 148 et suiv.

([6]) Au sens de BOURBAKI, *loc. cit.*, p. 59.

([7]) Voir à ce sujet la Note de Pauc (*Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 565) où sont analysées de façon très précise les propriétés des fonctions de Hahn dans des espaces qui ne sont pas nécessairement topologiques (au sens de Bourbaki).

([8]) KURATOWSKI, *loc. cit.*, p. 151, démontre ce théorème dans le cas des espaces métriques.

tions sci et scs ne le sont pas nécessairement. Une fonction et son adhérence sont en tout point x simultanément sci ou non sci. Si une fonction est scs, son adhérence l'est aussi, mais la réciproque n'est pas vraie; en particulier pour qu'une fonction R, ouverte [R(x) ouvert quel que soit x] soit scs, il faut et il suffit que R soit maximum en chaque point (par rapport à l'inclusion); plus spécialement, si R est ouverte, scs et sci, R a une adhérence constante sur tout ensemble connexe.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les espaces d'Einstein à connexion affine.*
Note [1] de M. **Mendel Haimovici**, présentée par M. Élie Cartan.

A la suite d'un Mémoire de MM. A. Einstein et V. Bargman [2] sur les espaces définis par un champ de tenseurs qui dépendent de deux points, M. A. Einstein [3] étudie un espace défini par une connexion euclidienne, dans lequel l'équipollence de deux vecteurs à distance finie est définie par une certaine transformation euclidienne entre les espaces euclidiens tangents en ces deux points, transformation qui dépend d'une façon donnée, mais d'ailleurs arbitraire, des deux points. Les composantes des vecteurs équipollents étant $\overset{i}{\xi}{}^{\alpha}$ et $\overset{k}{\xi}{}^{\beta}$ respectivement aux points α et β et dans les repères choisis en ces deux points, la condition d'équipollence est exprimée par une relation de la forme

$$\overset{i}{\xi}{}^{\alpha} = \overset{i}{g}{}^{\alpha}{}_{\underset{\beta}{k}}\overset{k}{\xi}{}^{\beta}$$

où $\overset{i}{g}{}^{\alpha}{}_{\underset{\beta}{k}}$ dépendent des points α et β. Dans ce qui suit, nous supposons que $\overset{i}{g}{}^{\alpha}{}_{\underset{\beta}{k}}$ sont arbitraires, c'est-à-dire que nous avons affaire à une correspondance affine quelconque.

1. Pour l'étude de ces espaces, il convient de les considérer comme engendrés, non pas par des points, mais par des couples de points. Les déplacements des points α et β dans les repères choisis étant $\overset{i}{\omega}{}^{\alpha}$ et $\overset{k}{\omega}{}^{\beta}$, ces déplacements sont équipollents si

$$\overset{i}{\omega}{}^{\alpha} = \overset{i}{g}{}^{\alpha}{}_{\underset{\beta}{k}}\overset{k}{\omega}{}^{\beta}.$$

On peut, en changeant les repères, amener cette équation à avoir la forme

$$(1)\qquad \underset{(\alpha)}{\omega^i}(\alpha, \beta, d\alpha) = \underset{(\beta)}{\varpi^i}(\alpha, \beta, d\beta),$$

où $\underset{(\alpha)}{\omega^i}$ et $\underset{(\beta)}{\varpi^i}$ sont des pfaffiens qui dépendent respectivement de α, β, $d\alpha$ et α, β, $d\beta$.

---

[1] Séance du 6 janvier 1947.
[2] *Annals of Math.*, 45, 1944, pp. 1-14.
[3] *Ibid.*, pp. 15-23.

2. Dans cet espace à $2n$ dimensions (coordonnées des deux points α, β), il convient d'introduire une connexion affine infinitésimale (autre que la connexion d'Einstein, que nous appellerons connexion fondamentale) à l'aide d'axiomes de nature invariante. On peut le faire de plusieurs manières. Nous le ferons ici par les deux axiomes suivants :

a. Considérons un vecteur $\overset{i}{\xi}{}^{\alpha}$ en α et son équipollent $\overset{i}{\xi}{}^{\beta}$ en β dans la connexion fondamentale. Soient $\overset{i}{\xi}{}'^{\alpha'}$ et $\overset{i}{\xi}{}'^{\beta'}$ des vecteurs équipollents respectivement à $\overset{i}{\xi}{}^{\alpha}$ et $\overset{i}{\xi}{}^{\beta}$ en $\alpha' = \alpha + d\alpha$ et $\beta' = \beta + d\beta$ dans la connexion infinitésimale. *$\overset{i}{\xi}{}'^{\alpha'}$ et $\overset{i}{\xi}{}'^{\beta'}$ sont équipollents dans la connexion fondamentale.*

b. Si le point α reste fixe et que le point β se déplace en $\beta' = \beta + d\beta$, *alors un vecteur infinitésimal à origine et extrémité fixes issu de α reste parallèle à lui-même*, et la même chose arrive s'il s'agit d'un vecteur fixe en β lorsque le point α se déplace en $\alpha' = \alpha + d\alpha$.

A l'aide de ces axiomes, les composantes de la connexion affine peuvent être complètement déterminées. Les équations de structure de l'espace sont

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned} &(\underset{(\alpha)}{\omega^i})' - \left[\underset{(\alpha)}{\omega^j}\,\omega^i_j\right] = \frac{1}{2}\underset{(\alpha)}{A^i_{jk}}\left[\underset{(\alpha)}{\omega^j}\,\underset{(\alpha)}{\omega^k}\right],\\ &(\underset{(\beta)}{\varpi^i})' - \left[\underset{(\beta)}{\varpi^j}\,\omega^i\right] = \frac{1}{2}\underset{(\beta)}{A^i_{jk}}\left[\underset{(\beta)}{\varpi^j}\,\underset{(\beta)}{\varpi^k}\right],\\ &(\omega^i_j)' - \left[\omega^r_j\,\omega^i_r\right] = \underset{\alpha\beta}{R_j{}^i{}_{kl}}\left[\underset{(\alpha)}{\omega^k}\,\underset{(\beta)}{\varpi^l}\right]. \end{aligned}\right.$$

3. Nous laissons les développements géométriques pour un autre travail. Faisons ici seulement les remarques suivantes :

Supposons que α parcoure une courbe $\underset{(\alpha)}{C}$ quelconque à partir d'un point α_0 et considérons à partir d'un point β_0 quelconque, pour chaque déplacement infinitésimal de α sur $\underset{(\alpha)}{C}$, le déplacement équipollent de β dans la connexion fondamentale. Si la courbe $\underset{(\alpha)}{C}$ est fermée, la condition pour que $\underset{(\beta)}{C}$ (décrite par β) soit aussi fermée est que

$$(3)\qquad \underset{(\alpha)}{A^i_{jk}} = \underset{(\beta)}{A^i_{jk}},$$

ou que le système (1) soit complètement intégrable. Dans ce cas, ce système définit une famille simplement transitive de transformations de variables, et nous avons ainsi une autre représentation des espaces de ces transformations, que nous avons étudiés dans quelques travaux récents [4].

Si les conditions requises pour que les points α et β puissent être conçus comme faisant partie d'un même espace (à savoir que si $\alpha = \beta$ un vecteur soit

---

[4] Voir par exemple *Bull. Sect. Scient. Acad. Roumaine*, 28, 1945, pp. 143-147.

équipollent à lui-même dans la correspondance fondamentale et que, dans cette correspondance fondamentale, si $\overset{i}{\xi}{}^{\alpha}$ est équipollent à $\overset{i}{\xi}{}^{\beta}$, $\overset{i}{\xi}{}^{\beta}$ est équipollent à $\overset{i}{\xi}{}^{\alpha}$) on doit avoir $\underset{(\alpha)}{\overset{i}{\omega}}(\alpha, \alpha, d\alpha) = \underset{(\beta)}{\overset{i}{\varpi}}(\alpha, \alpha, d\alpha)$, et les égalités (1) doivent entraîner $\underset{(\alpha)}{\overset{i}{\omega}}(\beta, \alpha, d\beta) = \underset{(\beta)}{\overset{i}{\varpi}}(\beta, \alpha, d\alpha)$. Dans ce cas, si le tenseur de courbure $R_{j}{}^{i}{}_{kl}$ est nul, la connexion fondamentale est une connexion affine à parallélisme absolu dans le sens classique et se confond avec la connexion infinitésimale. Si la condition (3) est remplie, les transformations qui amènent α et β forment un groupe. La connexion affine est équivalente à la seconde connexion affine de MM. Cartan et Schouten ([5]).

On peut encore introduire d'autres connexions affines infinitésimales correspondant aux autres connexions affines des espaces de groupes.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Principe d'une règle à calcul présentant une échelle logarithmique de grande longueur.* Note ([1]) de M. **Georges Baudouin**, présentée par M. Jean Chazy.

Étant tracés l'arc (S) de sinusoïde

$$y = \sin\left(\frac{\pi}{4} - x\right) \left(0 < x < \frac{\pi}{2}\right)$$

et le demi-cercle (Γ)

$$x = -\cos\left(\frac{\pi}{4} - \theta\right), \qquad y = \sin\left(\frac{\pi}{4} - \theta\right) \left(-\frac{\pi}{4} < \theta < \frac{3\pi}{4}\right),$$

à tout point M de (S) correspond un point m de (Γ), de même ordonnée et tel que $\theta = x$.

Portons sur (S) une graduation correspondant à une échelle logarithmique sur l'axe Ox, c'est-à-dire inscrivons en M le nombre u défini par

$$x = \frac{\pi}{2} \log \frac{u}{10};$$

nous aurons $u = 10$ au point A[$x = 0$, $y = \sin(\pi/4)$], et $u = 100$ au point K[$x = \pi/2$, $y = -\sin(\pi/4)$]. En inscrivant en m_1 le nombre u, nous aurons aussi

$$\theta = \frac{\pi}{2} \log \frac{u}{10}.$$

Les relations

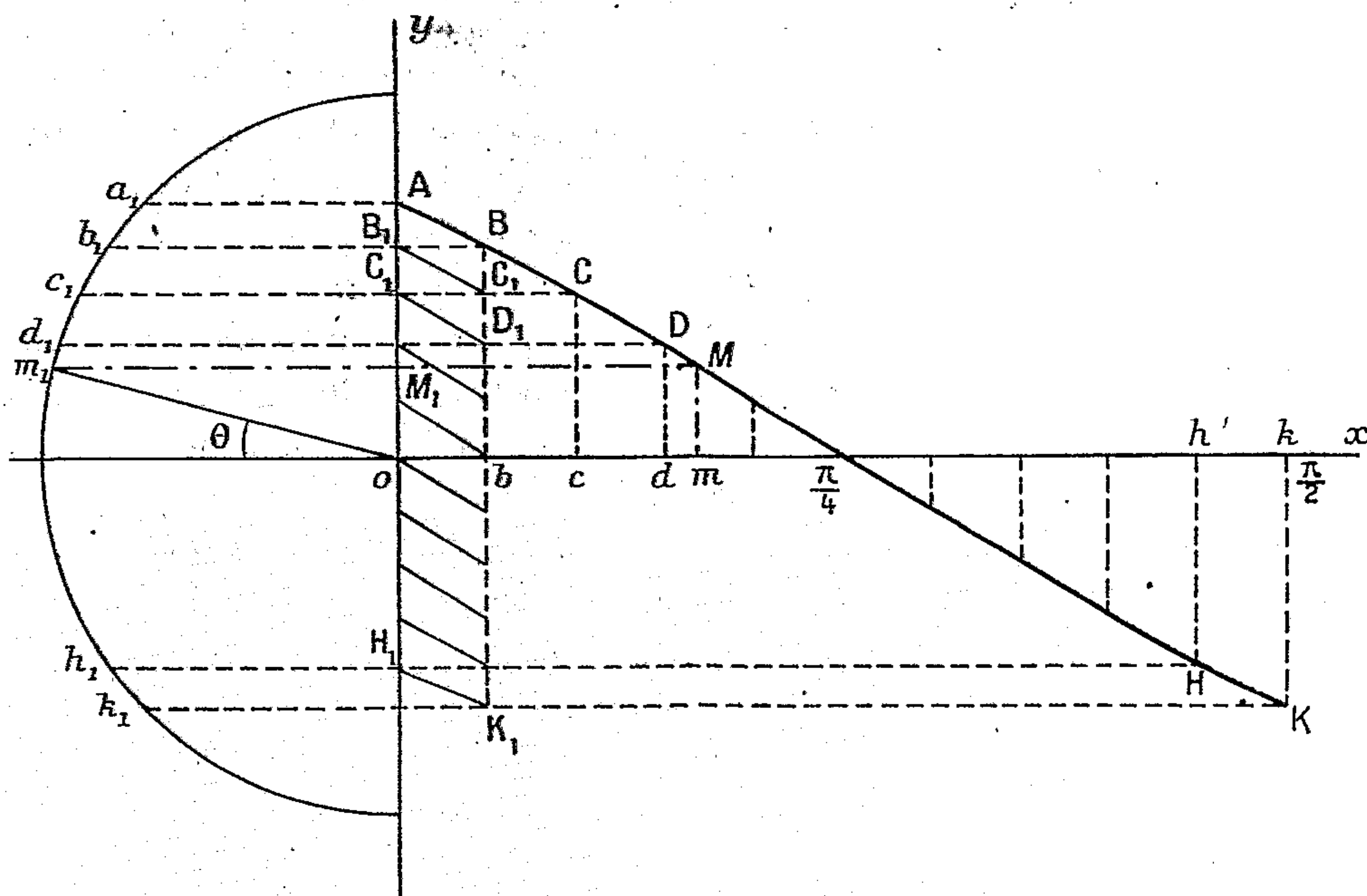
$$x + x' = \theta + \theta' = \frac{\pi}{2} \log \frac{u u'}{100}$$

([5]) E. Cartan, *Journ. Math. pures et appl.*, 9e série, 6, 1927, pp. 11-19.

([1]) Séance du 23 décembre 1946.

montrent que la détermination du produit uu' se ramène à l'addition des abscisses x, x' ou des angles θ, θ'.

Divisons le segment Ok de Ox ($\overline{Ok} = \pi/2$) en dix parties égales par les points b, c, ..., h, k; (S) est alors découpé en dix arcs AB, BC, ..., HK par



les points projetés sur Ox en b, c, ... En faisant subir à ces arcs les translations parallèles à Ox de mesures o, $-(\pi/20)$, ..., $-(p\pi/20)$, ... (p entier), on obtient des arcs gradués AB, B_1C_1, C_1D_1, ..., H_1K_1, qui diffèrent peu de segments de droites, et qui se trouvent rassemblés à l'intérieur d'un rectangle de largeur égale à $Ok/10$ et de hauteur $2OA$. Le nombre u est alors défini par un point M_1 sur l'un des arcs, d'abscisse

$$X = \frac{\pi}{2}\log\frac{u}{10} - q\frac{\pi}{20} \qquad (q \text{ entier}),$$

et par le point m' de (Γ) qui n'est pas changé. Le produit de deux nombres uu' sera défini à partir de la somme $X + X'$, qui détermine une parallèle à Oy coupant les divers arcs de sinusoïde en dix points, et la valeur de $\theta + \theta'$ permet de choisir parmi ces dix points le point M_1 qui donne uu'.

Grâce à un dispositif simple comportant un curseur, autour du centre duquel on peut faire tourner deux anneaux circulaires, on évalue $\theta + \theta'$ avec une approximation suffisante pour déterminer sans ambiguïté celui des arcs AB, B_1C_1, ... sur lequel on doit lire le produit uu'.

Ainsi, avec une règle de dimensions restreintes, soit 20^{cm} sur 4^{cm}, *on peut*, grâce au découpage de l'échelle logarithmique de 10 à 100 en dix parties superposées, *obtenir une précision environ dix fois plus grande qu'avec les règles ordinaires*.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Mesure de la diffusion turbulente du vent naturel dans le voisinage du sol.* Note (¹) de M. **François N. Frenkiel**, présentée par M. Henri Villat.

1. Dans une Note antérieure (²) j'ai décrit une méthode de mesure colorimétrique de la diffusion turbulente en soufflerie. Cette méthode peut aussi servir pour l'étude de la turbulence du vent naturel et pourrait être employée à des mesures journalières de la turbulence atmosphérique, destinées à compléter les bulletins d'observation en météorologie synoptique.

Un certain nombre d'essais ont été faits sur l'aérodrome de Lille en 1940 dans les couches basses de l'atmosphère. Les taches produites par l'ammoniac sur les cadres de fils sont de forme elliptique avec un grand diamètre horizontal (³). A titre d'exemple, je donne ci-dessous quelques résultats obtenus avec des fils préparés à l'éosine. Les mesures ont été faites avec deux émetteurs, un à 1ᵐ et le deuxième à 2ᵐ du sol. La durée de l'émission est Δt, X la distance entre l'émetteur et le cadre, D_y et D_z les diamètres horizontal et vertical de la tache.

	Altitude (cm).	X (cm).	Δt (s).	$\bar{u}$ (cm/s).	D_y (cm).	D_z (cm).	D_y/D_z.
Le 17-1-1940 à 9ʰ50....	200	73	300	384	68	44	1,55
température — 8°,1...	100	72	300	345	76	48	1,58
Le 18-1-1940 à 16ʰ50...	200	73	180	188	76	40	1,9
température — 2°,5...	100	72	180	177	84	56	1,5
Le 20-1-1940 à 17ʰ......	200	73	360	351	58	40	1,45
température — 5°....	100	72	360	280	60	42	1,43

2. Soit à l'instant $t+h$ les coordonnées x_h, y_h, z_h d'une particule qui est passée à l'instant t à l'origine de la diffusion. J'appelle coefficients de diffusion turbulente rapportés à un intervalle de temps h les expressions

$$(1)\qquad n_x^* = \frac{1}{2}\frac{d}{dh}\overline{(x_h - h\bar{u})^2}, \qquad n_y^* = \frac{1}{2}\frac{d}{dh}\overline{(y_h^2)}, \qquad n_z^* = \frac{1}{2}\frac{d}{dh}\overline{(z_h^2)}.$$

Ces coefficients peuvent être calculés en fonction des coefficients de corrélation du système de Lagrange $R_{\mathfrak{L}}^u(h)$, $R_{\mathfrak{L}}^v(h)$, $R_{\mathfrak{L}}^w(h)$, en appliquant l'équation de J. Kampé de Fériet (⁴). On a en particulier

$$(2)\qquad n_y^* = \overline{v'^2}\int_0^h R_{\mathfrak{L}}^v(s)\,ds, \qquad n_z^* = \overline{w'^2}\int_0^h R_{\mathfrak{L}}^w(s)\,ds.$$

Quand h croît indéfiniment, les coefficients de diffusion deviennent à la limite,

---

(¹) Séance du 2 décembre 1946.

(²) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1331.

(³) *VIᵉ Cong. Intern. Méc. appl.*, Paris, 1946.

(⁴) *Ann. Soc. Sci. Bruxelles*, 1ʳᵉ série, **59**, p. 145 [équation (82)].

égaux aux viscosités turbulentes $\nu_y^* = \overline{v'^2} L_{tL}^v$, $\nu_z^* = \overline{w'^2} L_{tL}^w \left(L_{tL} = \int_0^\infty R_{tL}(s)\, ds \right)$.

Quand h est petit par rapport à L_{tL}, alors $n_y^* = \overline{v'^2} h$ et $n_z^* = \overline{w'^2} h$.

3. Pour déterminer le rapport entre les viscosités turbulentes transversales ν_y^* et ν_z^* on peut appliquer les équations de J. Kampé de Fériet ([1]) et plus particulièrement la solution asymptotique

$$s = \frac{Q\overline{u}}{8\pi N} \frac{1}{\xi} \exp\left(-\frac{\eta^2+\zeta^2}{2\xi}\right), \tag{3}$$

qui donne la concentration moyenne des grains émis par une source ponctuelle débitant Q grains par unité de temps, quand l'effet du procédé de l'émission peut être négligé. Dans cette expression

$$N = \nu_x^* \sqrt{\nu_y^* \nu_z^*} \qquad \xi = \frac{\overline{u}x}{2\nu_x^*} \qquad \zeta = \frac{uy}{2\sqrt{\nu_x^*\nu_y^*}} \qquad \eta = \frac{uz}{2\sqrt{\nu_x^*\nu_z^*}}.$$

Sur les limites des taches formées sur les cadres de fils de même sensibilité et pour des quantités constantes d'ammoniac, on a

$$\frac{1}{x} \exp\left[\frac{\overline{u}}{4x\nu_x^*}(a^2y^2+b^2z^2)\right] = \text{const.} \tag{4}$$

avec

$$a^2 = \frac{\nu_y^*}{\nu_x^*} \quad \text{et} \quad b^2 = \frac{\nu_z^*}{\nu_x^*}.$$

Il en résulte que dans un plan $x = \text{const.}$ la courbe qui limite une tache est une ellipse $a^2y^2 + b^2z^2 = \text{const.}$, et que le rapport des diamètres de cette ellipse est

$$\frac{D_y}{D_z} = \sqrt{\frac{\nu_y^*}{\nu_z^*}}. \tag{5}$$

4. Le temps de corrélation L_{tL} dans le vent naturel est certainement grand par rapport à h, et l'on ne peut pas se servir de l'équation (5). Mais en remplaçant dans (3) les ν^* par les n^* correspondants, on trouve

$$\frac{D_y}{D_z} = \sqrt{\frac{\overline{v'^2}}{\overline{w'^2}}}. \tag{6}$$

Relation qui reste d'ailleurs valable pourvu que $\int_0^h R_{tL}^v(s)\, ds$ puisse être considérée comme égale à $\int_0^h R_{tL}^w(s)\, ds$.

Ainsi dans les expériences citées ci-dessus, le rapport des intensités de la turbulence transversale et horizontale $\sqrt{\overline{v'^2}}/\overline{u}$ ou verticale $\sqrt{\overline{w'^2}}/\overline{u}$ varie entre 1,43 et 1,9.

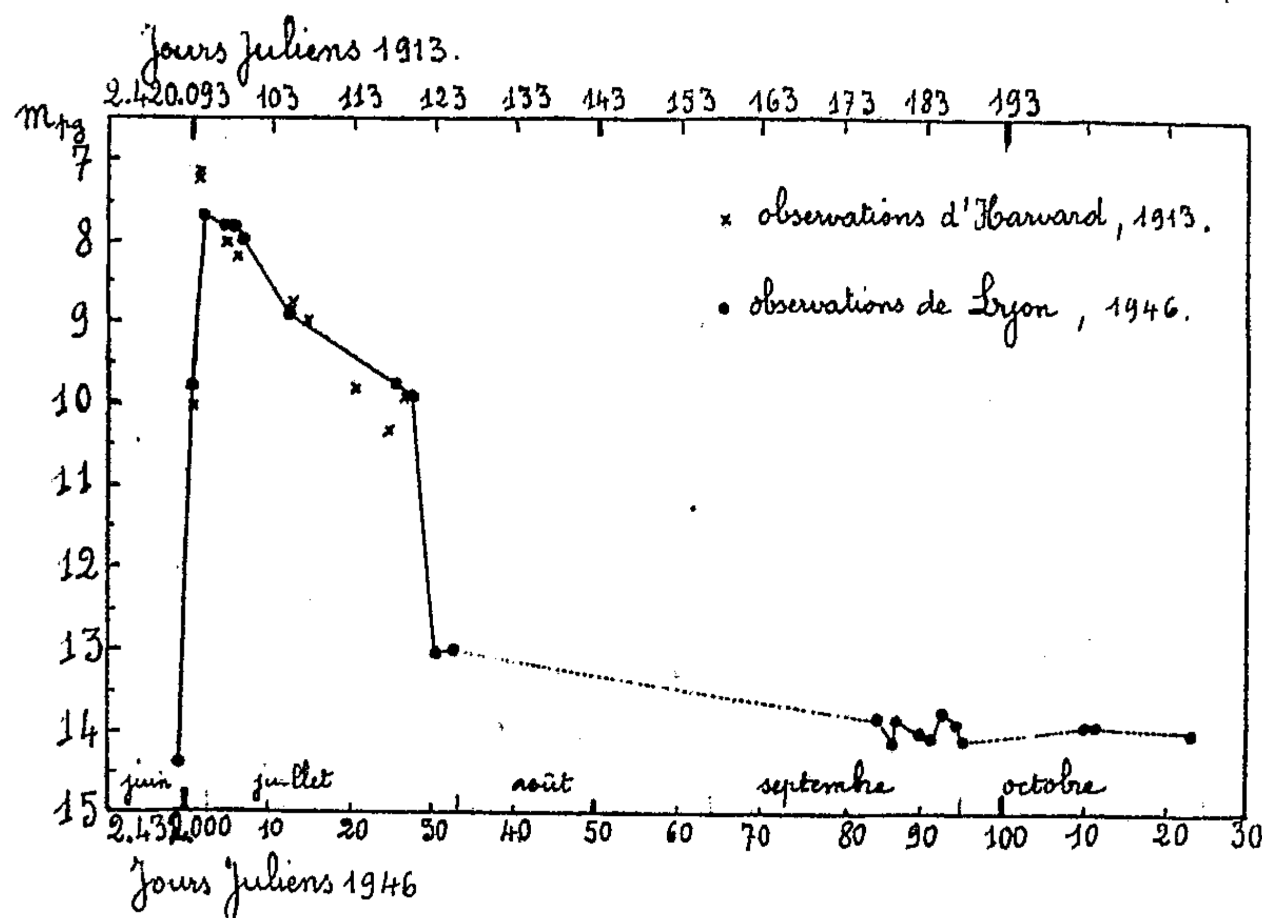
([1]) *Cours sur la turbulence* (non encore publié), professé en 1941 à l'Institut de Mécanique des fluides de Lille.

5. Les méthodes de mesures de la valeur de la viscosité turbulente seront décrites ultérieurement. Pour la mesure de la diffusion turbulente dans la couche limite d'une aile, il pourrait être nécessaire d'employer les solutions exactes de J. Kampé de Fériet, dans lesquelles interviennent des coefficients arbitraires dépendant des conditions de l'émission. On pourra d'ailleurs démontrer que (6) est alors vérifiée dans certains cas particuliers.

ASTROPHYSIQUE. — *Variations lumineuses de nova Sagittæ n° 2*, 1913-1946. Note ([1]) de M. **Joseph Bigay**, présentée par M. Bernard Lyot.

Cette nova récurrente fut découverte à l'Observatoire d'Harvard par Miss Mackie ([2]) sur deux plaques du 22 novembre 1913. Anhert ([3]), de l'Observatoire de Sonneberg, a observé une très forte recrudescence d'éclat de cette étoile sur des clichés des 29, 30 juin et 4 juillet 1946.

J'ai retrouvé cette nova sur une série de 22 clichés obtenus cet été, avec le télescope Schmidt de l'Observatoire de Lyon, au cours d'un travail de photométrie portant sur un champ stellaire extrêmement riche en étoiles variables faibles et centré sur γ Sagittæ. Un cliché sur la séquence polaire a permis de



Courbe de lumière photographique de Nova-Sagittæ n° 2, 1913-1946.

construire la courbe d'étalonnage et de déterminer les magnitudes photographiques dans le système international. Les mesures des clichés ont été effectuées par la méthode de Schilt au microphotomètre Fabry et Buisson. La courbe de lumière photographique (voir la figure) a été tracée pour la période

([1]) Séance du 6 janvier 1947.

([2]) *Harvard Bulletin*, n° 691 *et Harvard Circular*, n° 219.

([3]) *Circulaire de la Société Belge d'Astronomie*, n° 19, 1946.

couverte par les observations (27 juin au 29 octobre 1946) avec, fort heureusement, deux points sur la branche ascendante. Le 27 juin à $1^h 30^m$, la nova apparaît comme une faible étoile de magnitude 14,4, le 28 juin à $12^h 15^m$ elle est de $9^m,8$, le 29 juin à $1^h 38^m$ de $7^m,7$, les 2 et 3 juillet de $7^m,8$. Son maximum est ainsi assez bien déterminé.

L'examen de la courbe de lumière suggère les remarques suivantes :

1° comme chez la majorité des novæ, la croissance de l'éclat est très rapide : 6,7 magnitudes en 48 heures;

2° le maximum est très aigu, surtout en 1913 où il est supérieur d'une demi-magnitude environ à celui de 1946;

3° après le maximum, l'éclat décline régulièrement et assez rapidement : 2,2 en 27 jours en 1946, soit en moyenne $0^m,08$ par jour et $2^m,7$ en 26 jours en 1913, soit sensiblement $0^m,10$ par jour;

4° on constate ensuite un affaiblissement de plus de 3 magnitudes entre les 25 et 28 juillet 1946, soit une moyenne de 1 magnitude par jour; une chute aussi brusque est exceptionnelle, cependant Nova Herculis 1934 en présente une analogue 3 mois après son maximum;

5° des fluctuations secondaires d'une demi-magnitude environ apparaissent dans la dernière partie de la courbe.

Sur 4 plaques obtenues au triplet Zeiss, les 12 octobre, 22 novembre, 4 et 12 décembre 1945, on voit, à la place exacte de la nova, une étoile de magnitude 14,8, mais il ne s'agit vraisemblablement pas de la nova; en effet, les clichés pris avec des télescopes à grandes distances focales, après le maximum de 1913, révèlent l'existence d'une faible étoile de magnitude 14,8 environ qui se superpose presque à la nova, $0^s,2$ seulement en 1914 (²).

Van Maanen (⁴) a déterminé sa parallaxe et son mouvement propre, et a trouvé $\pi = 0'',020$ et $\mu = 0'',079$, ce qui lui confère, à son maximum, une magnitude absolue d'environ $+3,7$ bien supérieure à la valeur moyenne des novæ ordinaires; $-7,0$. Il s'agit donc d'une nova-naine ou sous-nova qui, dans la classification générale des étoiles variables, vient se ranger entre les novæ ordinaires et les variables du type SS Cygni.

ÉLECTRO-ACOUSTIQUE. — *Application des dispositifs régulateurs aux mesures acoustiques.* Note (¹) de M. ANDRÉ MOLES, présentée par M. Aimé Cotton.

Quand on relève en milieu indéfini les variations avec la fréquence de la force électromotrice donnée par un microphone placé dans le champ d'un haut-parleur alimenté par une tension constante U, on obtient une courbe $u(\omega)$,

(⁴) *Publication of the Astronomical Society of the Pacific*, 46, 1934, p. 282.

(¹) Séance du 27 novembre 1946.

produit de la courbe de réponse $u = p f(\omega)$ du microphone et de la courbe analogue pour le haut-parleur $p = \mathrm{U}\,\mathrm{F}(\omega)$, p étant la pression sonore donnée par ce dernier au point où se trouve le microphone. Les courbes $\mathrm{F}(\omega)$ et $f(\omega)$ sont les caractéristiques essentielles des appareils utilisés et présentent un grand intérêt technique.

On relève la réponse d'un haut-parleur en utilisant un micro étalon dont la réponse $f(\omega)$ est connue et en divisant la courbe $u(\omega)$ obtenue par $f(\omega)$. Ce dépouillement est très long et sujet à erreurs. On pourrait l'éviter si la courbe $f(\omega)$ se réduisait à une constante (réponse indépendante de la fréquence). De tels microphones n'existent pas, mais certains étalons électrostatiques ont une réponse suffisamment simple pour qu'il soit possible de la corriger par des circuits électriques appropriés. C'est ce qui a été fait pour un microphone électrostatique sphérique dont la réponse est donnée en pointillé figure 1. Après

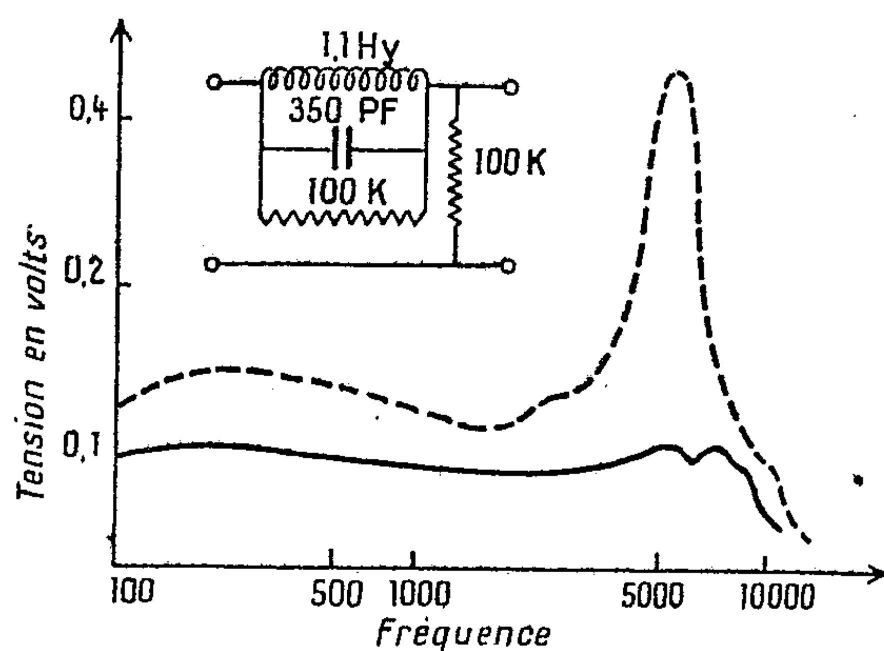


Fig. 1.

correction par le circuit filtre indiqué, la courbe prend l'aspect indiqué en trait plein et peut, à moins de 20 % près, être considérée comme constante.

La courbe de réponse d'un haut-parleur, relevée à l'aide d'un tel microphone, est alors directement proportionnelle à $u(\omega)$.

On relève la courbe de réponse d'un microphone $\mathrm{F}(\omega)$ en plaçant celui-ci dans le champ sonore d'un haut-parleur de réponse connue, en milieu indéfini et en divisant la courbe $u(\omega)$ obtenue par $\mathrm{F}(\omega)$. Il serait intéressant d'éviter le dépouillement, source d'erreurs et de délais, en disposant d'un haut-parleur à réponse constante. Malheureusement, la nécessité de disposer de puissances appréciables conduit à une certaine complexité de construction qui se traduit par une complexité corrélative des courbes de réponse.

Nous avons cherché alors à rendre la courbe de réponse globale du système $u(\omega)$ indépendante de la source sonore. Pour cela, nous avons réalisé un dispositif dit *régulateur* dont le coefficient d'amplification L est inversement proportionnel à la pression sonore

$$\mathrm{L} = \frac{\mathrm{L}_0}{\mathrm{K}p} = \frac{\mathrm{L}_0}{\mathrm{KU}\,\mathrm{F}(\omega)}.$$

Ce dispositif, intercalé entre le microphone étudié et l'appareil de mesure de la tension aux bornes — en l'occurence un oscillographe — multiplie la tension $u(\omega)$ par le facteur $L_0/[KU\,F(\omega)]$, d'où

$$u' = U\,F(\omega) f(\omega)\,L = \frac{L_0 f(\omega)}{K};$$

la tension u' recueillie à la sortie du régulateur est directement proportionnelle à la réponse du micro étudié $f(\omega)$.

Le dispositif régulateur (schéma de principe *fig.* 2) comprend pratiquement :

1° un appareil de mesure du champ sonore qui sera le microphone étalon

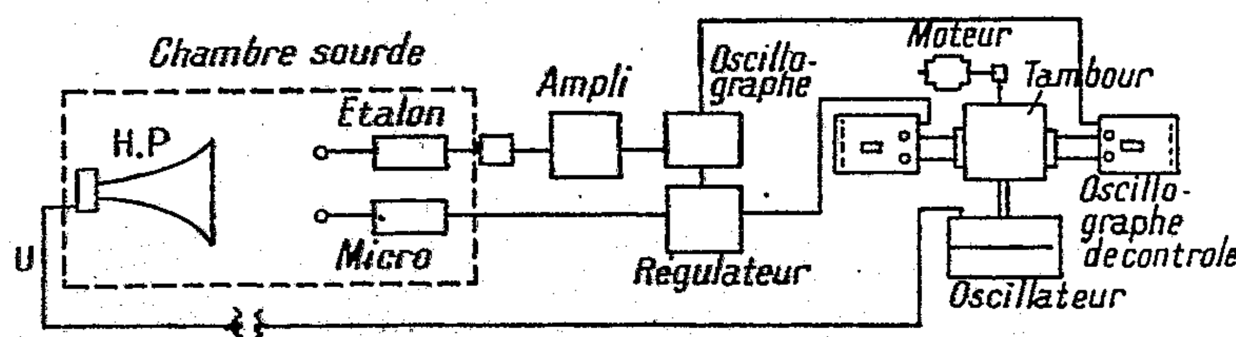


Fig. 2. — Relevé des courbes de réforme avec régulateur.

corrigé ci-dessus, suivi d'un préamplificateur amenant la tension à une valeur convenable;

2° un détecteur fournissant la tension continue de *régulation* proportionnelle au champ sonore;

3° le régulateur proprement dit, constitué d'une lampe pentode à pente variable dont le gain varie sensiblement de façon inversement proportionnelle à la tension appliquée (tension continue précédente), qui reçoit sur sa grille le signal issu du micro étudié placé au voisinage du micro étalon.

On enregistre la courbe en photographiant sur un tambour enregistreur l'amplitude des tensions fournies à l'oscillographe de mesure attaqué par le régulateur précédent. Ce tambour entraîne lui-même le cadran de l'oscillateur fournissant la tension alternative U à fréquence variable au haut-parleur. On remarquera que la courbe $u'(\omega)$ est indépendante de U, ce qui permet d'utiliser un oscillateur quelconque.

L'étalonnage du dispositif se fait en remplaçant le microphone étalon et le microphone étudié par deux microphones rigoureusement identiques. Il est facile de voir qu'en contrôlant l'un par l'autre, la courbe $u''(\omega)$ obtenue sera une horizontale si le système est correctement réglé. On a pu sur un appareil réalisé sur ce principe avec des lampes courantes, obtenir au cours du réglage des variations dans la réponse inférieure à 15 % dans toute l'étendue de la gamme acoustique.

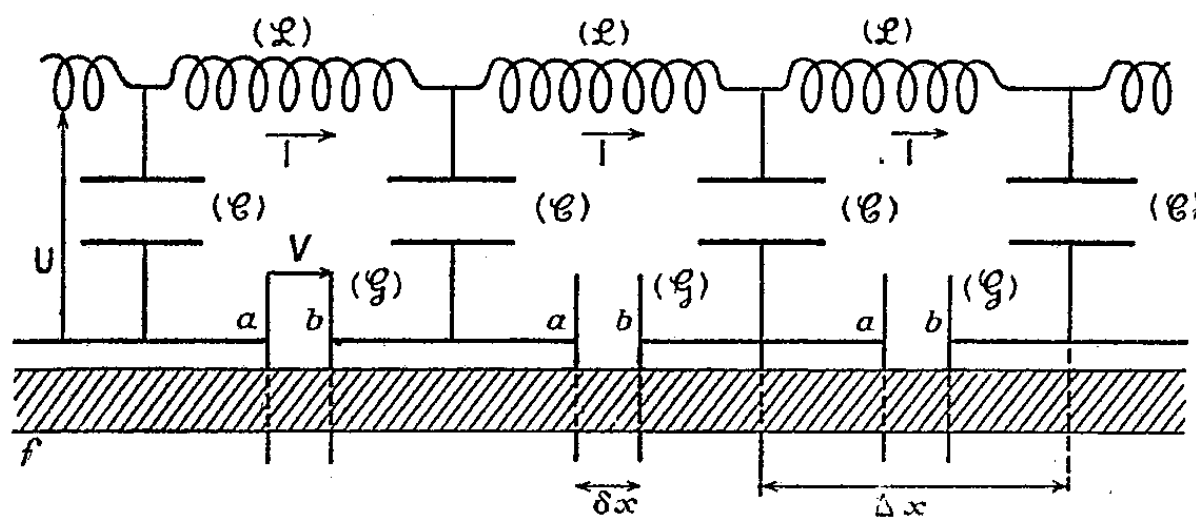
Ce dispositif, facile à réaliser, augmente beaucoup la rapidité et l'exactitude des mesures électro-acoustiques et élimine les erreurs de dépouillement.

Il est possible enfin de l'appliquer à la réalisation d'une source sonore indé-

pendante de la fréquence, en introduisant l'étage régulateur contrôlé par un microphone étalon, donc par la pression sonore, dans l'amplificateur entre générateur et haut-parleur. On réalise ainsi un véritable régulateur de puissance à fréquence variable, et l'on a pu obtenir des variations de pression sonore effective au voisinage du microphone étalon inférieures à 20 % dans l'étendue de la gamme acoustique.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'interaction entre une onde progressive et un faisceau d'électrons de vitesse voisine de celle de l'onde.* Note (1) de MM. **André Blanc-Lapierre** et **Pierre Lapostolle.**

Soit la ligne à retard indéfinie représentée sur la figure ci-dessous; les valeurs des capacités et des selfs sont indiquées entre parenthèses (2). U, V et I représentent des différences de potentiel et une intensité; u, Z_c et ω_c sont la vitesse de propagation, l'impédance caractéristique et la pulsation de coupure de la



ligne considérée seule. Le faisceau électronique ff' qui, en l'absence d'interaction, aurait une vitesse et une densité linéaire constantes v_0 ($v_0 \neq u$) et ρ_0 réagit sur les phénomènes électriques dans la ligne entre les armatures de ($\mathcal{G}$) distantes de δx ($\Delta x =$ longueur d'une cellule). L'étude du système ligne + faisceau est régie par 5 équations; 2 traduisent les propriétés des circuits, une exprime la conservation de la charge dans le faisceau et 2 sont relatives à l'interaction [équation de la dynamique et relation exprimant que le courant total entre les armatures de ($\mathcal{G}$) est la somme du courant électronique et du courant de déplacement]. La vitesse et la densité électronique dans le faisceau, compte tenu de l'interaction, sont supposées différer relativement peu de v_0 et ρ_0. Les équations deviennent alors linéaires et homogènes; on peut chercher des solutions du type : $v_0 + v^* e^{j\omega t}$, $\rho_0 + \rho^* e^{j\omega t}$, $V^* e^{j\omega t}$, $I^* e^{j\omega t}$, $U^{* j\omega t}$ (les quantités avec astérisque, fonctions de x uniquement, étant toutes multipliées par $e^{(\alpha + j\beta)\Delta x}$ lorsqu'on passe d'une cellule à la suivante).

A. *Modèle discontinu.* — La linéarité des équations permet d'introduire

(1) Séance du 23 décembre 1946.

(2) On néglige l'amortissement pour simplifier, mais cette restriction n'a rien d'essentiel.

l'admittance Γ du faisceau entre a et b; on peut alors, d'une part, étudier la propagation dans la ligne, le faisceau n'intervenant que par Γ, et, d'autre part, étudier la propagation dans le faisceau de $\rho^* e^{j\omega t}$ et $v^* e^{j\omega t}$, la ligne intervenant en imposant une différence de potentiel $V = i/\Gamma$ (i, courant électronique dans $\mathcal{G}$). On raccorde les deux études en égalant les constantes de propagation dans la ligne et dans le faisceau. On met alors en évidence, par des considérations simples, une onde qui s'amplifie en se propageant, l'amplitude recevant par cellule un accroissement relatif

$$(1)\qquad \alpha\Delta x = \frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt[3]{\frac{1}{2}\frac{\rho_0}{v_0^2}\frac{\delta x}{\omega}\frac{e}{m}\frac{1}{\mathcal{G}^2 Z_c}\left[1-\frac{\omega^2}{\omega_c^2}\right]^{-\frac{1}{2}}}.$$

Cette onde se propage avec une vitesse légèrement inférieure à v_0.

B. *Modèle continu.* — Si l'effet de chaque cellule est assez faible, introduisons des constantes L, C, γ telles que

$$(2)\qquad \mathcal{L} = L\,\Delta x;\qquad \mathcal{C} = C\,\Delta x;\qquad \gamma = \mathcal{G}\,\Delta x.$$

Nous avons développé cette étude pour $\Delta x \neq \delta x$. On cherche alors des solutions du type $B\,e^{j(\omega t + kx)}$ (B : constante complexe). Il y a 4 ondes possibles correspondant aux k suivants

$$(3)\qquad \begin{cases} k = -j\left[\dfrac{\omega}{v_0} + \dfrac{A}{2}\right] - A\dfrac{\sqrt{3}}{2} \quad (O_1); & k = -j\left[\dfrac{\omega}{v_0} + \dfrac{A}{2}\right] + A\dfrac{\sqrt{3}}{2} \quad (O_2), \\ k = -j\left[\dfrac{\omega}{v_0} - A\right] \quad (O_3); & k = -j\left[\dfrac{\omega}{v_0} - \dfrac{\rho_0}{8}\dfrac{C}{\gamma^2}\dfrac{e}{m}\dfrac{v_0}{\omega^3}\right] \quad (O_4), \end{cases}$$

avec

$$(4)\qquad A = \left(\rho_0 \frac{e}{2m}\frac{C}{\gamma^2}\frac{1}{v_0\omega}\right)^{\frac{1}{3}}.$$

Les ondes (O_1) (O_2) (O_3) vont vers les x croissants; (O_4) va vers les x décroissants; (O_3) et (O_4) ont une amplitude constante; (O_1) s'amortit mais (O_2) va en s'amplifiant. (O_1) et (O_2) vont à la même vitesse légèrement inférieure à v_0; les vitesses de (O_3) et (O_4) sont légèrement supérieures à v_0.

C. *Applications.* — *a.* Si le dispositif est limité et non indéfini, on doit chercher une combinaison linéaire des 4 ondes satisfaisant aux conditions aux limites.

b. Imposons, en $x = 0$, une tension U (tension d'entrée) et l'absence de modulation dans le faisceau. Supposons le système indéfini vers les x croissants. On peut alors satisfaire aux conditions en $x = 0$ sans faire intervenir l'onde de retour. On montre la naissance d'une modulation du faisceau qui, pour x petit, croît comme x^2.

c. Nous pensons que ce modèle très schématique peut donner une idée sommaire des phénomènes d'interaction dans les amplificateurs à onde progressive. Des applications numériques permettent de trouver pour (O_2) des gains du même ordre de grandeur que ceux qui sont indiqués pour ces appareils.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur les imperfections de forme dans les instruments d'optique électronique*. Note de M. **François Bertein**, présentée par M. Camille Gutton.

Soit un système centré d'optique électronique (exemple : microscope); l'instrument Σ, mis au point, présente divers écarts vis-à-vis de l'instrument *idéal* Σ_0 que l'on a en vue. Nous envisagerons seulement les écarts géométriques, c'est-à-dire ceux provenant des imperfections de la réalisation mécanique : écarts vis-à-vis de la symétrie de révolution, décentrages occasionnés par un montage insuffisamment précis des diverses pièces les unes par rapport aux autres. Si l'on suppose l'instrument purement électrostatique, sa répartition de potentiel, soit $\Phi(rz\theta)$ en coordonnées cylindriques, sera, en raison de ses défauts, différente de la répartition idéale $\Phi_0(rz\theta)$. Posons $\Phi=\Phi_0+\varphi$ et cherchons la relation entre φ et les défauts géométriques : la valeur de φ dans la région de l'axe Oz montrera l'influence de ces derniers sur les trajectoires des électrons, c'est-à-dire sur les propriétés optiques de Σ.

Expression générale de φ. — Ce terme correctif satisfait à la relation $\Delta\varphi=0$, ce qui permet de l'écrire sous forme du développement

$$(1)\qquad \varphi(rz\theta)=\sum_0^\infty \varphi_m(rz)\cos\theta+\varphi'_m(rz)\sin m\theta$$

avec

$$\varphi_m(rz)=\int_{-\infty}^{+\infty}p(mk)e^{ikz}\mathrm{I}_m(kr)\,dk,\qquad \varphi'_m(rz)=\int_{-\infty}^{+\infty}p'(mk)e^{ikz}\mathrm{I}_m(kr)\,dk,$$

où I_m représente la fonction de Bessel modifiée

$$\mathrm{I}_m(x)=i^{-m}\mathrm{J}_m(ix).$$

Écrivons le premier terme du développement au voisinage de Oz

$$(2)\qquad \varphi_m(rz)=\left[\frac{1}{2^m m!}\int_{-\infty}^{+\infty}k^m p(mk)e^{ikz}\,dk\right]r^m+\ldots,\qquad \varphi'_m(rz)=\text{expression analogue.}$$

Expression de l'écart géométrique. — Désignons d'autre part, par $\delta(z\theta)$, l'écart supposé petit, existant en tout point entre les surfaces S des électrodes réelles et celles S_0 des électrodes idéales; nous l'évaluerons suivant la coordonnée r. On peut l'écrire également sous forme d'un développement :

$$(3)\qquad \delta(z\theta)=\sum_0^\infty \delta_m(z)\cos m\theta+\delta'_m(z)\sin m\theta,$$

ce qui fait apparaître des composantes caractérisées par des symétries de répétition d'ordres croissants par rapport à Oz. L'écart $\delta_0(z)$ est le seul qui

conserve la symétrie de révolution; il est occasionné par exemple par une translation des lentilles suivant Oz.

Si nous envisageons l'écart produit par un décentrage, il est fonction linéaire de x et y, donc de $\cos\theta$ et $\sin\theta$: le décentrage introduit donc uniquement des composantes d'indice $m=1$. Quant aux imperfections de forme détruisant la symétrie de révolution des lentilles, elles créent des composantes d'indice supérieur. Le cas $m=2$ est le plus important : il traduit une ovalisation des lentilles; les composantes $m>2$ représentent des défauts de plus en plus étroits à mesure que m augmente.

Relation entre φ *et* δ. — Soit $E_r(z)$ le champ électrique radial existant à la surface des électrodes idéales S_0. Nous obtenons la relation cherchée en écrivant que le potentiel $\Phi_0+\varphi$ en tout point de S est égal au potentiel qui existerait sur S_0, dans le cas d'un système idéal

$$\varphi = E_r\delta \quad \text{le long de } S_0. \tag{4}$$

Cette condition aux limites suffit à déterminer la fonction φ.

Application aux propriétés optiques. — Si l'on remplace dans cette relation φ et δ par leurs développements (2) et (3), on constate que chaque terme de φ est ainsi relié de façon indépendante au terme de même rang de δ : $\varphi_m\cos m\theta\,(\varphi'_m\sin m\theta)$ est créé par l'écart $\delta_m\cos m\theta\,(\delta'_m\sin m\theta)$. En conséquence, suivant l'équation (2), un écart d'ordre m est responsable d'une loi de potentiel de degré m en r au voisinage de Oz : chaque composante de $\delta(z\theta)$ apporte à l'optique du système une perturbation d'autant plus faible que son ordre m est plus grand. Pratiquement, les toutes premières valeurs de m interviennent seules : $m=0, 1, 2$.

La première produit un simple déplacement des éléments cardinaux le long de l'axe. On peut voir que la seconde les déplace transversalement. Quant aux termes $m=2$ (lentilles *elliptiques*), ils créent des aberrations d'un type différent de celles envisagées en général chez les systèmes centrés; il y a lieu de ne pas les négliger lorsqu'on cherche à améliorer au maximum la limite de résolution de l'instrument.

On obtient des résultats semblables avec les instruments à champ magnétique en envisageant le potentiel scalaire magnétique. Si même les armatures des bobines sont loin d'être saturées, les pièces polaires peuvent être considérées comme étant équipotentielles, et les considérations sont identiques à condition de substituer dans ce qui précède, le terme *magnétique* au terme *électrique*.

ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES. — *Propagation dans les tuyaux courbés.* Note [1] de M. Marc Jouguet.

Étant donné un guide d'ondes à paroi parfaitement conductrice et à section circulaire, ayant son axe courbé, dans le plan $\varphi=\pi/2$, suivant un cercle de

(1) Séance du 6 janvier 1947.

rayon R (valeur algébrique), on peut utiliser la méthode de perturbation indiquée antérieurement ([2]) et appliquée aux ondes ($H_{o,n}$) et ($E_{o,n}$), pour déterminer celles qui se réduisent, pour $R=\infty$, aux ondes ($E_{m,n}$) et ($H_{m,n}$). On trouve, pour les premières, en sous-entendant le facteur de propagation $e^{i(kct-k_z z)}$, et C désignant une constante d'amplitude,

$$
(1)\quad \left\{
\begin{array}{ll}
E_z = & iC\dfrac{\alpha}{k}\, J_m(\alpha r)\,{}^{\sin}_{\cos}\, m\varphi + X_{m-1}\,{}^{\cos}_{-\sin}\,(m-1)\varphi + X_{m+1}\,{}^{\cos}_{-\sin}\,(m+1)\varphi,\\[2ex]
E_r = & C\dfrac{k_z}{k}\, J'_m(\alpha r)\,{}^{\sin}_{\cos}\, m\varphi + Y_{m-1}\,{}^{\cos}_{-\sin}\,(m-1)\varphi + Y_{m+1}\,{}^{\cos}_{-\sin}\,(m+1)\varphi,\\[2ex]
E_\varphi = & C\dfrac{k_z}{k}\,\dfrac{m}{\alpha r}\, J_m(\alpha r)\,{}^{\cos}_{-\sin}\, m\varphi + \dfrac{U_{m-1}}{r}\,{}^{\sin}_{\cos}\,(m-1)\varphi + \dfrac{U_{m+1}}{r}\,{}^{\sin}_{\cos}\,(m+1)\varphi,\\[2ex]
H_z = & L_{m-1}\,{}^{\sin}_{\cos}\,(m-1)\varphi + Z_{m+1}\,{}^{\sin}_{\cos}\,(m+1)\varphi,\\[2ex]
H_r = & -C\dfrac{m}{\alpha r}\, J_m(\alpha r)\,{}^{\cos}_{-\sin}\, m\varphi + M_{m-1}\,{}^{\sin}_{\cos}\,(m-1)\varphi + M_{m+1}\,{}^{\sin}_{\cos}\,(m+1)\varphi,\\[2ex]
H_\varphi = & CJ'_m(\alpha r)\,{}^{\sin}_{\cos}\, m\varphi + \dfrac{V_{m-1}}{r}\,{}^{\cos}_{-\sin}\,(m-1)\varphi + \dfrac{V_{m+1}}{r}\,{}^{\cos}_{-\sin}\,(m+1)\varphi.
\end{array}\right.
$$

avec $J_m(\alpha r)=0$, $\alpha^2=k^2-k_z^2$. Les X, Y, U, L, M, V sont des fonctions de r, infiniment petites avec la courbure de l'axe. Ce sont des sommes de produits, par des polynomes en r, de fonctions de Bessel de l'argument αr, d'ordre $m-1$, m ou $m+1$. Les ondes ($H_{m,n}$) s'obtiennent en changeant, dans (1), E en $-$H et H en E, et en prenant $J'_m(\alpha r_0)=0$. Les vitesses de phase de ces diverses ondes sont, au second ordre près, indépendantes de la courbure. On peut déduire, de la forme des expressions (1), qu'au passage d'une discontinuité de courbure, une onde (E_m) ou (H_m) provoque l'apparition d'ondes parasites (ou d'oscillations) de types ($E_{m\pm1}$) et ($H_{m\pm1}$).

A cause des doubles signes ${}^{\sin}_{\cos}$, les formules (1) font correspondre, à tout système de valeurs de m et n, deux ondes distinctes. Dans le guide cylindrique, elles ont même structure et se déduisent l'une de l'autre par une rotation de $\pi/2m$ autour de l'axe. Mais ici, la courbure détruit l'isotropie du guide et les deux ondes, que nous désignerons par les notations ($E'_{m,n}$) et ($E''_{m,n}$) ou ($H'_{m,n}$) ($H''_{m,n}$), ont des structures différentes.

Des circonstances particulières, analogues à celles que nous avons signalées ([3]) pour l'onde (H_0), se produisent pour l'onde (E''_1) : elle ne peut exister dans un guide parfaitement conducteur. Au contraire, l'onde (E'_1) se comporte normalement. On voit donc que, si l'on considère une onde (E_1) en propagation dans un guide cylindrique, pour une courbure accidentelle de l'axe, elle aura une composante (E'_1) stable et une composante (E''_1) instable. Elle est donc instable, moins instable cependant que (H_0), puisqu'une courbure accidentelle ne la fait pas, en général, entièrement disparaître.

([2]) *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 440 et 537.

([3]) *Loc. cit.*

Mais, si dans le guide courbé parfaitement conducteur, ne peuvent exister ni ondes (H_0) ni ondes (E''_1), par contre, il existe une onde mixte, qu'on obtient en superposant deux ondes (E''_1) et (H_0), le rapport des constantes d'amplitude étant $\sqrt{2}$, ce qui correspond à l'équipartition de l'énergie transportée. L'idée qu'une telle solution devait exister, a d'ailleurs été émise par M. Nicolas Cabrera et c'est ce qui nous a incité à la rechercher. Contrairement à ce qui a lieu pour toutes les autres ondes du guide à section circulaire, l'influence de la courbure sur les valeurs de α, de k_z et de la vitesse de phase, n'est pas nulle au second ordre près. On a

$$(2) \qquad \delta\alpha = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{kk_z}{\alpha^2} \frac{1}{R}, \qquad \delta k_z = -\frac{1}{\sqrt{2}} \frac{k}{\alpha} \frac{1}{R}.$$

Tandis que, dans le guide cylindrique, on a des ondes (H_0) et (E_1) correspondant à la même valeur propre α_0, dans le guide courbé, on a des ondes (E'_1) correspondant à une valeur propre égale, au second ordre près à α_0 et des ondes ($H_0 + E''_1$) correspondant à une valeur propre différente $\alpha_0 + \delta\alpha$, $\delta\alpha$ ayant la valeur (2). Ce n'est qu'à la limite, pour une courbure nulle que, d'une part, l'onde mixte se décompose en deux ondes, (H_0) et (E''_1), susceptibles d'exister séparément et que, d'autre part, (E''_1) et (E'_1) correspondent à une même valeur propre et peuvent ne plus être distinguées.

Une onde ($H_0 + E_1$) se propageant dans un guide cylindrique, se comporte, pour une courbure accidentelle, comme une onde (E_1). Elle subsiste en partie.

Les résultats qui précèdent n'excluent pas la possibilité de propagation d'une onde (H_0) ou (E_1) seule, avec une certaine stabilité, d'ailleurs faible, dans un guide réel. En effet, conformément à ce que nous avons indiqué antérieurement ([2]), il semble que, si la paroi est résistante, il ne soit plus nécessaire, pour que (H_0) ou (E''_1) puissent exister seules, que la courbure soit nulle mais seulement qu'elle soit très faible et tende vers zéro avec la résistivité.

SPECTROSCOPIE. — *Interprétation des spectres d'absorption obtenus au moyen de radiations polarisées dans le proche infrarouge* (0,9 *à* 2^μ,5) *avec des cristaux contenant de l'eau*. Note ([1]) de M^lle **Jeannine Louisfert**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons précédemment interprété ([2]) les bandes d'absorption que nous avons mesurées pour une dizaine de cristaux, au moyen des modes de vibration, soit de l'eau seule, soit de l'eau et des autres radicaux représentés dans la formule chimique. En outre, les positions de ces maxima peuvent s'utiliser pour établir le degré de liaison de l'eau contenue dans ces composés.

([1]) Séance du 23 décembre 1946.

([2]) *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 1092-1094; *Diplôme d'Études supérieures*, Paris, 1946.

Nous trouvons, à la suite d'autres auteurs, que les bandes de l'eau à l'état liquide se présentent comme très larges et mal définies, alors que, dans les cristaux, l'eau qu'ils contiennent possède, dans les mêmes conditions de résolution et pour des modes de vibration analogues, des maxima beaucoup plus étroits et plus nets.

On sait que la molécule d'eau, considérée comme un modèle angulaire à trois masses vibrantes, possède une vibration de valence symétrique ν_1 et une vibration de déformation ν_2 donnant un moment électrique parallèle à l'axe de la molécule, et une vibration de valence antisymétrique ν_3, produisant un moment électrique perpendiculaire à l'axe de la molécule. *Toutes ces vibrations, tous leurs harmoniques, toutes leurs combinaisons sont actifs dans l'absorption.* Les harmoniques des vibrations ν_1 et ν_2 possèdent tous un moment parallèle à l'axe. Par contre, les harmoniques impairs de ν_3 donnent lieu à un moment électrique perpendiculaire à l'axe et les harmoniques pairs à un moment parallèle. On peut aussi connaître aisément la direction des moments électriques induits, dans toutes les combinaisons de ν_1, ν_2 et ν_3.

Un résultat très général et fort important apparaît sur nos spectres : *nous constatons que les positions des 2e et 3e harmoniques des vibrations de valence ν_1 et ν_3 de la molécule d'eau ne sont pas celles qu'on pourrait prévoir dans une série harmonique, même en tenant compte de la correction d'anharmonicité des vibrations.* Une résonance se présente comme possible entre deux vibrations de fréquence voisine, si elles possèdent la même symétrie. Dès lors, d'après ce qui précède, ν_1 et ν_3, quoique très proches l'une de l'autre, ne présentent pas de résonance entre elles, tandis que leurs *harmoniques pairs* mais non leurs *harmoniques impairs* donnent lieu à une résonance. C'est à ce phénomène que nous attribuons les déplacements observés des maxima d'absorption.

Avec chacun des cristaux, nous avons mesuré la transmission pour 4 orientations du plan de polarisation par rapport aux axes cristallographiques. *Cette technique conduit à des interprétations qui ne seraient pas possibles, si l'on utilisait uniquement des radiations non polarisées.*

I. D'après nos mesures, *les variations dans les positions des maxima se présentent généralement comme peu importantes et cependant comme supérieures aux erreurs expérimentales.* Si l'on admet, comme nous l'avons fait, que la position d'une bande se trouve en relation directe avec la manière dont l'eau est liée dans le cristal, les variations du plan de polarisation ne doivent pas modifier la longueur d'onde correspondante. Mais, il n'en est plus ainsi quand, comme pour l'eau, il existe plusieurs combinaisons ou plusieurs harmoniques (localisés dans une étroite région spectrale) qui permettent d'expliquer l'apparition d'un maximum; les longueurs d'onde d'une bande peuvent alors varier dans des proportions mesurables. (Pour fixer les idées, la bande de $1^{\mu},45$ par exemple, peut s'attribuer aux combinaisons $2\nu_1$, $2\nu_3$ ou $\nu_1+\nu_3$, puisqu'elles possèdent toutes des nombres d'ondes très voisins). Comme nous allons le

voir, l'orientation variable du plan de polarisation favorise l'apparition de l'un ou de l'autre de ces harmoniques ou de ces combinaisons.

II. *Ainsi qu'on pouvait s'y attendre, la transmission, pour une même longueur d'onde, varie suivant la direction du plan de polarisation.* Pour certains cristaux, le dichroïsme apparaît remarquablement fort, sans que nous en apercevions l'origine.

Aussi sur tous les spectres observons-nous une importante variation de l'intensité des bandes d'absorption avec la direction du plan de polarisation. Dans certains cas même, ces maxima peuvent disparaître entièrement. L'analyse de ces résultats conduit à deux applications importantes :

a. Choix possible, pour interpréter une bande d'absorption, entre plusieurs vibrations correspondant à des nombres d'ondes peu différents. — Or, on sait que la variation du moment électrique conditionne l'intensité de chaque bande d'absorption : il n'est donc pas douteux que les modifications observées prennent leur cause dans une orientation différente du moment électrique par rapport au vecteur lumineux. On connaît exactement la direction de celui-ci, d'après les conditions expérimentales, et par conséquent également les composantes du moment électrique pour chacune des vibrations envisagées, ce qui permet de prévoir l'intensité des bandes correspondantes.

b. Orientation des molécules d'eau dans la structure cristalline. — Une fois que chaque maximum a été attribué à un mode de vibration déterminé, et que l'on possède ainsi la direction du moment électrique correspondant, il faut placer, dans la structure cristalline, les molécules d'eau de manière que les intensités des bandes cadrent avec les prévisions relatives de chaque orientation du plan de polarisation. Cette méthode fournit ainsi les positions des atomes d'hydrogène que ne donnent pas facilement les rayons X. On doit seulement regretter que les études des cristaux en lumière polarisée restent si rares jusqu'à présent dans notre domaine, et qu'elles se soient appliquées à des substances ne contenant ni eau ni groupement OH.

PHOSPHORESCENCE. — *Sur la représentation fonctionnelle du déclin de la phosphorescence d'un produit composé de plusieurs centres luminogènes.* Note de M. **Oleg Yadoff**, présentée par M. Camille Gutton.

Dans le cas des corps phosphorescents connus, tels que $ZnS(Cu)$, $CaS(Bi)$, etc., on identifie les états métastables de Jean Perrin par des représentations fonctionnelles de diverses formes telles que

$$I = I_0(1 + at)^{-\alpha}, \qquad I = I_0 t^{-\gamma}, \qquad I = I_0 e^{-k\sqrt{t}}, \qquad I = \sum_0^n I e^{-kt}$$

et aussi

$$I = I_0 + I_1(t + a)^{-m} + I_2(t + a)^{-2m} + \ldots,$$

Ces expressions, dues aux théories de Edm. Becquerel, Lénard, Maurice

Curie, G. Destriau etc., sont incertaines même pour les corps de la forme $ZnS(Cu)$, du fait de la complexité des causes auxquelles sont dus les phénomènes de phosphorescence; les moindres traces d'impuretés phosphorogènes pouvant modifier notablement l'état actif du corps étudié. Dans une Communication récente ([1]), M. Jean Saddy montra que l'on peut, dans l'établissement des formules et en arrivant à une précision au moins aussi bonne que celle obtenue par les formules ci-dessus, utiliser une représentation en somme de termes hyperboliques; le produit sur lequel ont porté ses observations est un $ZnS(Cu)$ excité à saturation par le rayonnement ultraviolet. En fait, cette représentation paraît aussi trop simpliste lorsqu'il s'agit de traces de phosphorogènes étrangers ou de la variation de la concentration en phosphorogènes d'activation; la phosphorescence peut passer de 1 à 1,85 pour des teneurs chimiques variant seulement de 1/5000 à 1/50000 de cuivre.

Nous avons montré ([2]) qu'avec un produit phosphorescent composé, contenant plusieurs éléments phosphorogènes dilués dans plusieurs substances de support, on obtient plusieurs régimes d'émission à fonctionnement successif. Par exemple, avec la phosphorescence violette $\{CO_3Li$, $CaS(Bi)$, Na_2SO_4, KSO_4, $Sr(OH)_2$, $[RbNO_3$, $BiNO_3$, NaF, $LiF]\}$, ou bleue $\{CO_3Li$, CaS, $Sr(OH)_2$, Na_2SO_4, $Mg_3(PO_4)_2$, $MgO[TlNO_3$, $BiNO_3$, NaF, $LiF]\}$, ou encore bleu vert $\{CO_3Li$, $Sr(OH)_2SMgO$, Na_2SO_4, $Mg_3(PO_4)_2$ $[TlNO_3$, $RbNO_3$, $Bi(NO_3)_3$, $Na_2B_4O_7$, $FLi]\}$, on vérifie, à 1,5 % près, les courbes expérimentales du déclin par la représentation fonctionnelle en série, de forme $I = I'_0 e_1^{-c_1t} + I''_0 e_2^{-c_2t} + \ldots + I^n_0 e_n^{-c_nt}$.

Ces trois produits sur lesquels ont porté nos expériences ont été excités jusqu'à saturation complète par le rayonnement ultraviolet fourni par l'arc au mercure à travers un écran de Wood. Pour éliminer l'action additionnelle de l'effet calorifique qui modifierait le cours normal de l'agitation thermique, nous avons effectué nos expériences à une température rigoureusement constante maintenue à 20° C. La variation du déclin de la phosphorescence était étudiée au moyen d'un photoélectromètre Soulier-Vodar; les relevés de mesures s'étendaient sur des intervalles de temps de 16 heures, pour la première série d'expériences, et de 34 heures, pour la seconde série (jusqu'au seuil de perception encore visible à travers le photoélectromètre).

La concordance des courbes expérimentales avec les courbes calculées appuie notre théorie de la variation active de niveaux énergétiques suivant un rythme bien réglé en fonction de la mise en action successive de plusieurs centres phosphorogènes.

On peut en conclure que les sources luminogènes d'un produit phospho-

---

([1]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 314.

([2]) *XX^e Congrès de Chimie Industrielle* (*Chimie et Industrie*, **56**, n° 3 *bis*, p. 60 *c*, Paris, 1946).

rescent composé activé jusqu'à saturation de son émission dépendent des forces électrostatiques du champ intermoléculaire dont le déclin suit, à haute précision, la série $I = I'_0 e^{-C_1 t} + I''_0 e^{-C_2 t} + \ldots I^n_0 e^{-C_n t}$, dans laquelle les grandeurs $I'_0, I''_0, \ldots, I^n_0$ désignent les luminescences à chaque changement intrinsèque de régime et les coefficients $C_1, C_2, \ldots, C_n$, les durées de vie moyenne de ces régimes. L'expérience justifie donc nos prévisions théoriques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude physicochimique de la formation de complexes entre l'ion argent et le glycocollate de sodium.* Note (1) de Mlle **Suzanne Dubois**, présentée par M. Paul Pascal.

La branche alcaline de la courbe de titrage du glycocolle subit un décalage vers les pH plus acides quand on ajoute du nitrate d'argent. On peut essayer d'interpréter le phénomène en supposant la formation de complexes.

J'ai abordé l'étude de ces complexes par une méthode potentiométrique (2). Soit une solution contenant G molécules de glycocollate de sodium (3) et A molécules de nitrate d'argent par litre.

La concentration en ion argent libre C_{Ag} s'obtient par la mesure de la f. é. m. de contact entre une électrode d'argent et la solution de glycocolle.

Le cation complexe se forme selon la réaction

$$m\,Ag^{+} + p\,\text{gly} \rightleftharpoons |Ag^{m}\,\text{gly}^{p}| \quad (4). \tag{3}$$

On arrive à la formule

$$\frac{C_{Ag}^{m} \times G^{p}}{A} = \frac{K}{m},$$

en désignant par K la constante d'équilibre.

On détermine l'exposant m en laissant la concentration en glycocollate (G) fixe et en faisant varier la quantité de nitrate d'argent ajouté (A).

On calcule l'exposant p en faisant varier la concentration en glycocollate.

Pour chaque concentration en glycocollate de sodium, on trace la courbe indiquant les variations de la f. é. m. en fonction du volume de nitrate d'argent décinormal ajouté. Cette dernière quantité est toujours faible par rapport à la concentration en acide aminé. On obtient une série de courbes parallèles et régulières pour des concentrations en glycocollate de sodium de O à N (5).

D'après les courbes précédentes, on détermine la valeur des exposants, on

---

(1) Séance du 6 janvier 1947.

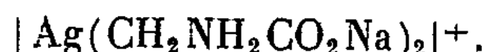
(2) P. Job, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 442.

(3) Il n'y a formation de complexes qu'après neutralisation de la fonction acide de la glycine.

(4) Le symbole gly représente une molécule de glycocollate de sodium.

(5) Toutes les mesures ont été faites avec un grand excès de sel neutre (NO_3Na) afin de pouvoir opérer à force ionique constante.

obtient $m = 1$ et $p = 2$. Le complexe a donc la formule



$$|Ag(CH_2NH_2CO_2Na)_2|^+.$$

La constante d'équilibre est donnée par la relation

$$K = (G - 2A)^2 \frac{C_{Ag}}{A} \quad \text{et} \quad \log K = \log \frac{C_{Ag}}{A} + 2 \log(G - 2A).$$

J'ai obtenu les résultats suivants :

G.......	1.	1/2.	1/4.	1/10.	1/20.	1/50.	1/100
logK......	$\bar{7},11$	$\bar{7},18$	$\bar{7},25$	$\bar{7},24$	$\bar{7},26$	$\bar{7},31$	$\bar{7},39$

Ces valeurs, concordantes, ont comme moyenne

$$\log K = \bar{7},25 \quad \text{d'où} \quad K_{19^\circ} = \frac{C_{Ag^+} \times C^2_{gly}}{C_{(Ag,gly^2)^+}} = 1,78.10^{-7}.$$

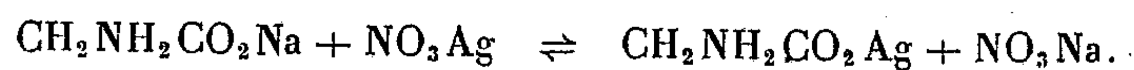
Pawelka ([6]) avait envisagé la formation de ce complexe; toutefois, ses mesures, peu nombreuses, ont donné pour K des valeurs assez différentes et d'un tout autre ordre de grandeur que celles trouvées par moi.

Pour les solutions N/100 et plus diluées, les courbes ne sont plus parallèles et les constantes qui s'en déduisent s'écartent des valeurs précédentes. J'ai utilisé la méthode des variations continues, appliquée à l'absorption, ([7]) afin d'explorer ce domaine.

Avec des solutions équimoléculaires ([8]) N/100 N/200 N/400 et N/800, on observe un maximum d'absorption assez peu accentué, pour une composition voisine de 50 %, quelle que soit la longueur d'onde utilisée.

Le composé correspondrait donc à une molécule de glycocollate de sodium pour une molécule de nitrate d'argent.

Supposons qu'il se forme un composé de substitution



$$CH_2NH_2CO_2Na + NO_3Ag \rightleftharpoons CH_2NH_2CO_2Ag + NO_3Na.$$

La constante d'équilibre k est donnée par la formule

$$k = \frac{[x(p+1) - 1]^2}{p(1 - 2x)^2}.$$

L'expérience donne pour k les résultats suivants :

Concentration en			Composition maximum	
$CH_2NH_2CO_2Na$.	NO_3Ag.	p.	x.	k.
1/200	1/800.........	1/4	0,714	0,255
1/100	1/400.........	1/4	0,714	0,255
1/100	1/800.........	1/8	0,803	0,205
1/100	1/200.........	1/2	0,607	0,353

([6]) *Zeits. Elektrochem.*, 30, 1924, pp. 180-186.

([7]) P. Job, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 928; S. Dubois, *ibid.*, 222, 1946, pp. 900-902.

([8]) Il était impossible d'opérer avec des solutions équimoléculaires plus concentrées que N/100 à cause de la précipitation de l'oxyde d'argent.

Les valeurs sont concordantes et

$$k = \frac{C_{Ag^+} \times C_{CH_2NH_2CO_2^-}}{C_{CH_2NH_2CO_2Ag}} = 0,26 \quad (^3).$$

En résumé, il se forme, en solution diluée, du glycocollate d'argent $CH_2NH_2CO_2Ag$ avec $k = 0,26$. Tandis qu'en solution plus concentrée, le glycocollate de sodium donne avec l'ion argent, le complexe $[Ag(CH_2NH_2CO_2Na)_2]^+$ dont la stabilité, mesurée par $K = 1,78.10^{-7}$, est bien supérieure à celle du glycocollate d'argent, le sel simple correspondant.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur des anneaux multiples de Liesegang.* Note (1) de Mlle SUZANNE VEIL, présentée par M. Charles Mauguin.

Une précédente étude (2) a mis en évidence les anneaux rougeâtres, dépourvus de relief, susceptibles d'être produits en même temps que les anneaux *principaux* de Liesegang, par diffusion du bichromate de potassium dans la gélatine imprégnée de nitrate d'argent. Les présentes recherches, d'autre part, montrent que la substitution du chromate au bichromate de potassium, dans la même expérience, modifie la figure de précipitation, qui comporte alors une succession d'anneaux multiples (*fig.* 1).

Fig. 1. — Anneaux multiples obtenus par apposition de CrO_4K_2 sur NO_3Ag.

Lorsque, sur de la gélatine imprégnée de NO_3Ag, on dépose, dans des conditions appropriées, une goutte saturée de CrO_4K_2, celle-ci se cerne tout d'abord d'anneaux doubles, dont le composant de moindre rayon est le plus épais. La lacune intermédiaire croît avec la distance à la goutte, elle est reliée au numéro d'ordre de l'anneau double par une loi analogue à celle qui a été reconnue régir les intervalles interannulaires des anneaux de Liesegang proprement dits (2). En fonction du numéro d'ordre, les racines carrées des lacunes successives affectent une croissance sensiblement linéaire (*fig.* 2).

(3) L'idée d'un composé d'addition est à éliminer, car les valeurs correspondantes de k ne sont pas constantes.

(1) Séance du 23 décembre 1946.

(2) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 84; 191, 1930, p. 611.

Au delà d'une certaine distance de la goutte, les anneaux deviennent triples, puis quadruples, une multiplicité supérieure étant assez rarement observable. Dans chacun des anneaux multiples, la lacune interne est en

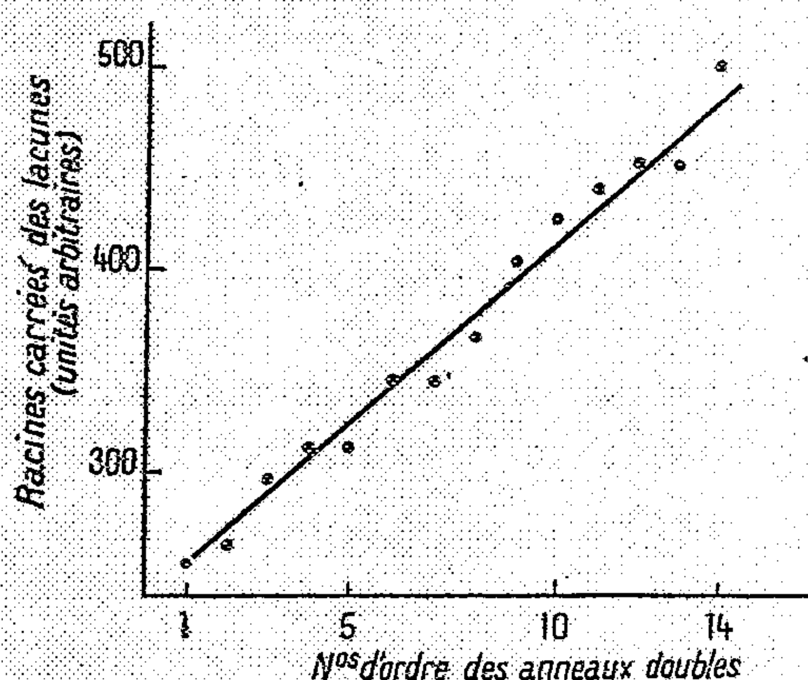


Fig. 2. — Variation de la lacune des anneaux doubles en fonction de leur numéro d'ordre.

général la plus importante, et le composant interne se dresse seul au-dessus du gel, tandis que les autres composants, sans relief et d'un rouge plus jaunâtre, rappellent les anneaux de la seconde famille décelés (²) dans la précipitation correspondante au bichromate de potassium. Lorsqu'on se rapproche de la goutte, les constatations se trouvent naturellement gênées par la finesse des strates et de leurs lacunes.

Ici donc, tout comme dans le cas parallèle du bichromate de potassium, il y a précipitation du chromate d'argent sous deux phases distinctes; coexistence qui évoque les étapes de la génération des précipités cristallins, envisagées par Van Hook (³). Par ailleurs, aucune formation striée sous-jacente, du type *secondaire*, n'a été discernée.

Avec le chromate et avec le bichromate de potassium comme réactifs-gouttes, les figures de précipitation se différencient beaucoup plus nettement encore l'une de l'autre que lorsque ces mêmes sels jouent le rôle de réactifs incorporés (²) : discrimination déjà regardée comme trahissant, pour les réactions $NO_3Ag - CrO_4K_2$ et $NO_3Ag - Cr_2O_7K_2$, des cinétiques différentes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'existence de phénomènes de retard thermique à la solidification pour l'aluminium raffiné à* 99,99 % *et son application à la préparation de cristaux uniques.* Note de MM. **Paul Lacombe** et **Louis Beaujard**, présentée par M. Albert Portevin.

Le phénomène de retard thermique à la solidification ou surfusion, est d'amplitude notable pour l'eau ou quelques substances organiques, mais

(³) *J. phys. Chem.*, 44, 1940, p. 751; 45, 1941, p. 1194.

celle-ci est très faible pour les métaux et n'a été déterminée jusqu'ici que pour quelques-uns : le bismuth (¹), l'antimoine (²), l'étain, le plomb et le zinc (³). L'une des causes vient de ce que les métaux sont rarement exempts d'impuretés insolubles; celles-ci, comme germes de cristallisation, s'opposent en effet à la réalisation de l'état hors d'équilibre que constitue la surfusion.

De fait, nous avons pu déceler l'existence de ce phénomène pour l'aluminium raffiné à 99,99 % de pureté, au cours de sa solidification lente, en prenant cependant des précautions particulières pour éviter l'action germinative des parois en contact avec le métal fondu. Nous avons mis à profit l'existence de cette surfusion pour préparer très rapidement de gros cristaux métalliques. On sait, en effet, que la vitesse de recristallisation à partir de l'état liquide est d'autant plus grande que la surfusion est plus élevée (⁴).

La méthode consiste à fondre une éprouvette plate rectangulaire de métal de 150^{mm} de long, 100^{mm} de large et de 1 à 3^{mm} d'épaisseur sur une sole de kaolin pur bien horizontale dont la température varie continûment d'une dizaine de degrés d'une extrémité à l'autre. L'aluminium, porté à 700°, fond dans sa peau d'alumine dont la résistance mécanique s'oppose à la coulée du métal et dont la parfaite continuité isole complètement le métal de la sole et évite ainsi la formation de germes. Dès la température de 700°, on laisse refroidir le four à la vitesse de 100° en 15 minutes. Dans ces conditions, il se forme toujours de gros cristaux métalliques; 30 % des éprouvettes sont même monocristallines.

Nous avons pu mesurer directement l'amplitude thermique de la surfusion en déterminant la courbe de refroidissement à l'aide d'un couple Pt, Pt-Rh en contact avec la surface supérieure du lingot. La force électromotrice du couple était mesurée avec une grande précision à l'aide d'un montage potentiométrique qui permettait d'apprécier des variations de température de 0°,02. Nous avons observé ainsi sur les courbes de refroidissement température-temps une surfusion maximum de 5°,4.

Le gradient très faible de température le long de l'éprouvette (10°) n'a pour but que de créer un seul germe à l'extrémité la plus froide du métal afin d'augmenter les chances de formation d'une seule dendrite et donc d'un cristal unique. Dès que ce germe apparaît, il jette rapidement en avant dans toute la masse liquide son squelette dendritique avec une vitesse de cristallisation d'autant plus élevée que la surfusion est plus importante.

Cette méthode de préparation de cristaux uniques se distingue essentiellement des méthodes de solidification lente déjà signalées par A. Portevin (⁴), et

(¹) Kurnakow, *Z. anorg. Chem.*, 42, 1904, p. 184.
(²) Hüttner et Tammann, *Z. anorg. Chem.*, 44, 1905, p. 131.
(³) A. Lange, *Z. f. Metallkunde*, 23, 1931, p. 165.
(⁴) A. Portevin, *Bull. Soc. chim. France*, 1927, p. 961.

par extraction du métal à une vitesse très faible et uniforme de la surface d'un bain liquide ([5]) ou d'un four à température constante ([6]). Dans ce cas, la solidification a lieu de proche en proche sans qu'il puisse exister de surfusion. Il en résulte que les mêmes conditions de déplacement du gradient de température donnent naissance à des cristaux de dimensions comparables quelles que soient la nature et l'importance des impuretés. Dans le cas de la méthode de surfusion, au contraire, les impuretés très peu solubles dans Al telles que Si ou Fe jouent le rôle de germes étrangers au métal et s'opposent à l'établissement d'une surfusion importante. On réalise alors des éprouvettes polycristallines dont la grosseur moyenne du grain diminue rapidement au fur et à mesure que la teneur en impuretés croît. Cette variation de grosseur du grain est très sensible puisqu'il est possible de distinguer deux métaux titrant 99,5 et 99,6 % ([7]).

Ainsi la méthode est surtout applicable à l'aluminium extra-pur. Elle constitue ainsi un complément intéressant aux autres méthodes. On sait en effet que la méthode d'écrouissage critique particulièrement efficace pour l'aluminium ordinaire (99,5 à 99,8 % de pureté) donne des résultats très dispersés pour l'aluminium extra-pur. Certainement faut-il en trouver la cause dans la difficulté qu'éprouve l'aluminium extra-pur à prendre l'écrouissage, ou plutôt dans la facilité qu'il a de se restaurer et de recristalliser même à la température ordinaire par suite de sa grande pureté.

Nous nous proposons, dans une étude ultérieure, de comparer la perfection du réseau cristallin des cristaux uniques obtenus dans ces différentes méthodes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Durcissement superficiel des aciers par diffusion intersolide suivie de nitruration.* Note ([1]) de M. **Jean-Dominique Venturini**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Il est connu qu'on peut cémenter par divers métaux le fer et les aciers au carbone et améliorer ainsi leurs propriétés en surface; on sait aussi que la nitruration par l'ammoniac d'aciers tenant des additions convenables conduit à de hautes duretés superficielles. Les recherches résumées dans cette Note concernent une combinaison des deux procédés, qui permet d'en obtenir les avantages sans recourir à des aciers spéciaux.

Les buts visés étaient : durcir superficiellement des aciers au carbone sans leur faire subir une trempe ultérieure; les rendre aptes à conserver une dureté élevée après séjour à haute température; améliorer leur résistance à la

---

([5]) Czochralski, *Z. phys. Chem.*, 92, 1918, p. 219.

([6]) P. W. Bridgman, *Proc. Amer. Acad. Sci.*, 60, 1924, p. 305.

([7]) On entend ici par titre l'excès sur 100, de la somme des teneurs en Si et Fe.

([1]) Séance du 6 janvier 1947.

corrosion sèche ou humide, à froid ou à chaud; réduire la durée de traitement par rapport à la nitruration classique; éviter la déformation des pièces; conserver à cœur les propriétés mécaniques de l'acier et notamment la résilience; réaliser enfin une économie par rapport à l'emploi d'aciers spéciaux.

Le détail des expériences et les résultats acquis feront l'objet d'un exposé d'ensemble. Les premières recherches ont porté sur 140 éprouvettes d'aciers au carbone; les opérations étaient les suivantes :

a. diffusion superficielle intersolide entre 850° et 950° par contact de l'acier avec du ferro-aluminium et divers ferro-alliages à base de titane, de molybdène, de tungstène, de vanadium etc.;

b. rectification et polissage;

c. nitruration par l'ammoniac : température comprise entre 475° et 550° et durée entre $1^h 30^m$ et 3^h.

Après nitruration, les éprouvettes rayaient profondément le verre, émoussaient rapidement les outils de coupe à base de carbures frittés et les abrasifs sur toile. Elles ne s'oxydaient pas aux grandes vitesses de rotation des tours; elles présentaient en outre un beau poli spéculaire, dont les piqûres furent éliminées après recherches complémentaires.

Le tableau ci-dessous indique quelques résultats obtenus sur un acier à 0,12 % de carbone. Les duretés sont exprimées en kg/mm^2.

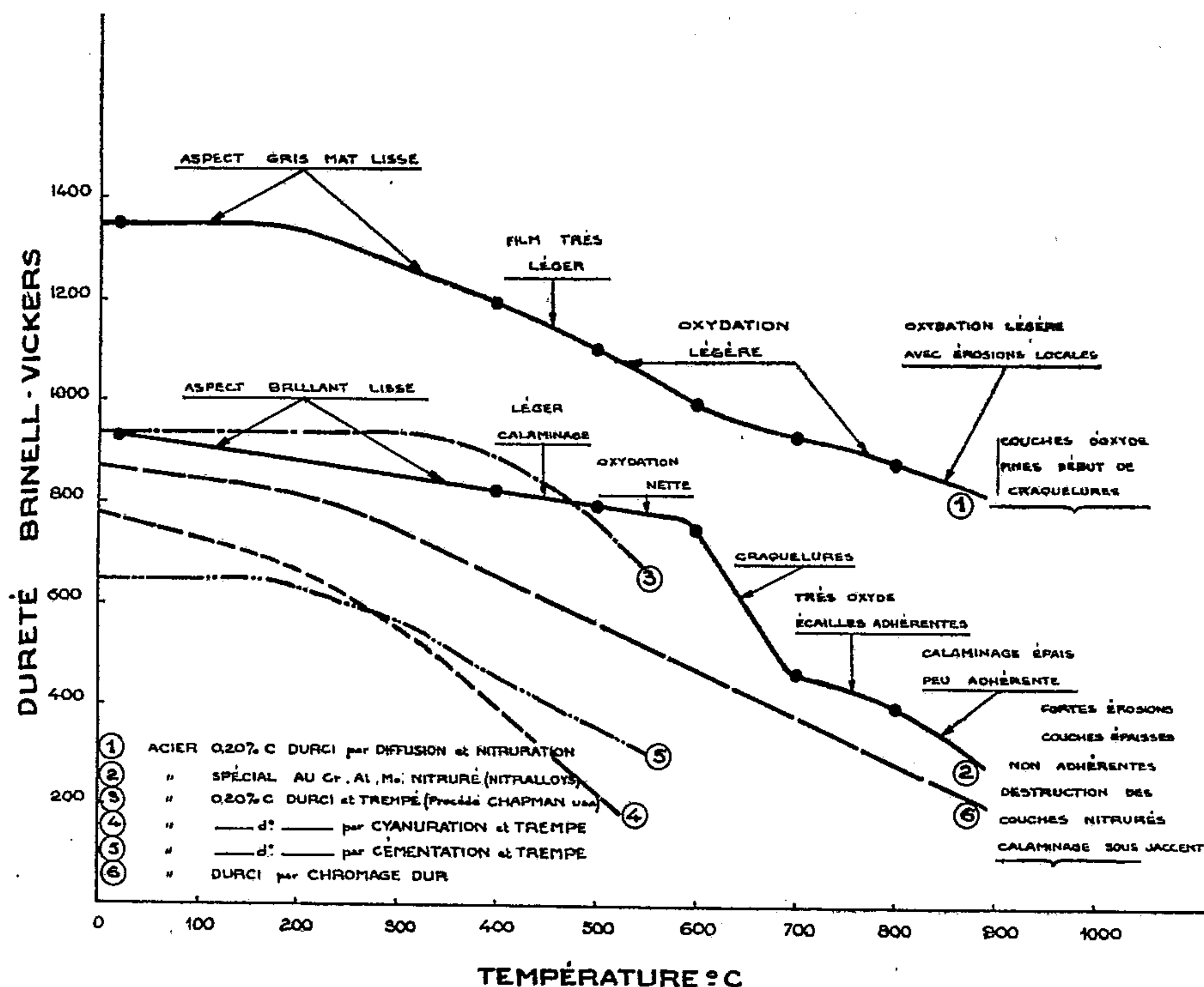
Diffusion dans un mélange à 89 % de ferro-aluminium et d'un autre ferro-alliage. — Nature du deuxième ferro-alliage.	Dureté Brinell-Vickers après nitruration. Dureté initiale.	Dureté sous la charge de 1kg.	5kg.	10kg.	30kg.
Sans addition	155	1350	466	221	164
Fe–Ti à 23,6 % Ti	155	1350	399	360	221
Fe–C–Ti 50 Ti et 12 % C	155	742	435	254	163
Fe–Mo 68,5 Mo et 2,5 % C	155	1350	593	228	194
Fe–W 81,6 W	155	1350	502	297	208
Fe–V 43 V	155	916	286	221	–

A titre de comparaison : aciers nitrurés, 850 à 1100; aciers cémentés et trempés, 700 à 800.

La figure ci-après représente la variation de la dureté en fonction de la température d'un recuit (durée 10 minutes), consécutif au traitement. La courbe I est relative à un acier ordinaire, cémenté dans un mélange contenant 89 % de ferro-aluminium à 50 % Al et de 11 % de ferro-tungstène à 81,6 % W, puis nitruré pendant 3 heures. La courbe II concerne un acier spécial de nitruration, traité par l'ammoniac pendant 70 heures; les courbes III, IV, V, VI traduisent les résultats du procédé Chapmann (U. S. A.) de la cyanuration, de la cémentation et du chromage dur.

Des essais semi-industriels ont été effectués par comparaison avec un acier austénitique pour chemise d'arbre. La dureté Brinell-Vickers à 20° C. était de 750 kg/mm^2 pour ce dernier contre 1075 pour l'acier au carbone cémenté et nitruré.

Les essais métrologiques ont montré que, selon les particularités du traitement, le gonflement varie entre 0,05 et $0^{mm},10$ après diffusion, entre 0,04 et $0^{mm},08$ après rectification et nitruration.



Des essais de métallisation suivie de diffusion sur pièces sablées ou polies ont donné des résultats positifs. L'emploi de certains oxydes mêlés aux poudres rend le procédé plus économique et la diffusion est facilitée en atmosphère réductrice ou neutre.

Quoique imparfaits encore, ces résultats ont permis d'établir les bases d'un traitement par diffusion et nitruration, et les chiffres obtenus montrent que les buts visés ont été sensiblement atteints.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Influence de l'addition des cycles saturés sur la structure électronique et sur l'activité cancérigène des hydrocarbures polycycliques.* Note de M^me^ **Alberte Pullman.**

La théorie électronique de l'activité des hydrocarbures cancérigènes que nous avons proposée [1], relie la grandeur du pouvoir physiopathologique des molécules organiques à la concentration des charges électroniques, en certaines

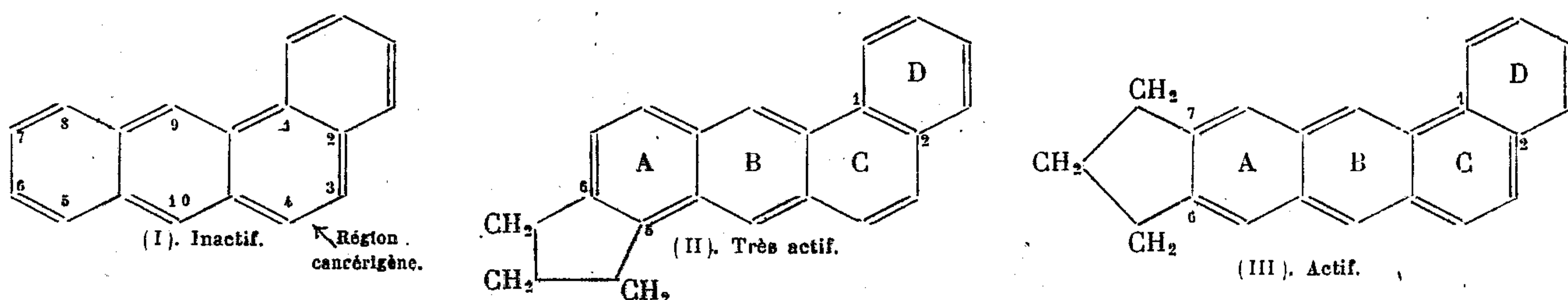
---

[1] *Bulletin du Cancer*, **33**, 1946, p. 120; *Thèse*, Paris, 1946 (Masson, Éditeur); A. et B. Pullman, *Revue Scientifique*, 1946, p. 145.

régions de leur périphérie. Dans toutes les molécules actives possédant le noyau phénanthrénique, tels les dérivés du 1.2-benzanthracène, cette région particulièrement chargée se trouve située sur la zone coudée du schéma des chimistes.

L'influence, parfois décisive sur la grandeur du pouvoir cancérigène des substituants tels que par exemple CH_3, consiste dans *l'apport des charges* qu'ils produisent. Suivant la position du substituant, la région cancérigène s'enrichit plus ou moins en électrons et la grandeur du pouvoir cancérigène suit *quantitativement* l'augmentation des charges.

Dans le cadre de cette théorie, il peut donc paraître au premier abord curieux de constater que la fixation sur une molécule inactive comme celle du 1.2-benzanthracène (I), d'un *noyau saturé pentagonal* qui augmente la surface de la molécule primitive sans apporter de charges électroniques nouvelles ([2]), puisse provoquer l'apparition d'une activité cancérigène dont la grandeur varie d'ailleurs suivant les positions d'attache du noyau saturé ; c'est ainsi par exemple que le 5.6-cyclopentano-1.2-benzanthracène (II) est très cancérigène et son activité égale



celle du 1.2.5.6-dibenzanthracène et que le 6.7-cyclopentano-1.2-benzanthracène (III) présente également une certaine activité mais inférieure à celle de (II).

L'explication naturelle de ce phénomène conduisant à des résultats en accord avec notre théorie générale, se trouve dans le fait que les cycles saturés, sans apporter de charges nouvelles au cycle benzanthracénique, y provoquent toutefois une modification de la répartition électronique dont le sens peut se déduire de l'application aux composés étudiés de la théorie de l'effet Mills-Nixon ([3]). Nous verrons sur l'exemple de (II) et de (III) que le sens de ces modifications est tel qu'il rend compte de l'activité cancérigène observée.

La théorie de l'effet Mills-Nixon exige que l'influence du noyau saturé pentagonal, aux angles intérieurs de 108°, favorise la structure tétraédrique des carbones 5 et 6 dans (II) et des carbones 6 et 7 dans (III), et empêche dans les deux cas l'apparition d'une double liaison entre les deux atomes considérés.

([2]) Il s'agit évidemment des charges dues aux électrons peu liés des doubles liaisons, nommés électrons Π.

([3]) *J. Chem. Soc.*, 1910, p. 2510; L. E. Sutton et L. Pauling, *Trans. Farad. Soc.*, 31, 1935, p. 939; B. Pullman, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

Il en résulte pour (II) une prépondérance de formules kékuléennes à liaison 5-6 simple et liaison 3-4 double, et de même dans les classes de formules possédant une ou plusieurs liaisons entre carbones non adjacents une prépondérance des formules ayant une distribution des liaisons kékuléennes compatible avec la théorie de l'effet Mills-Nixon. Un coup d'œil sur (II) montre alors qu'il en résultera une fixation partielle des liaisons de noyaux A, B et C dans la configuration présentée sur le dessin, seul le noyau D gardant la possibilité d'une résonance libre. Cette fixation partielle de la configuration dessinée traduit une augmentation nette de la charge de la zone 3-4 et explique le fort pouvoir cancérigène de (II).

Un phénomène légèrement différent se produit pour (III). Pour ce corps, seules les liaisons 5-6 et 7-8 seront partiellement fixées, car les noyaux B, C et D peuvent cette fois résonner librement en tant qu'entité phénanthrénique, et il n'y aura pas par suite de fixation particulière de la liaison 3-4. Ce composé montrera quand même une certaine activité cancérigène, car les électrons logés primitivement sur la liaison 6-7 du 1.2-benzanthracène s'éparpilleront en partie sur l'ensemble de la périphérie et une certaine quantité parviendra à la région cancérigène. Des considérations analogues peuvent être développées dans d'autres cas semblables.

CHIMIE MINÉRALE ET ANALYTIQUE. — *Sur la précipitation des phosphates mono- et bizirconiques et l'emploi de l'ion Zr^{++++} comme réactif de séparation et de dosage de l'acide phosphorique.* Note (1) de MM. **Robert Stumper** et **P. Mettelock**, présentée par M. Louis Hackspill.

Lors d'une révision des méthodes analytiques des produits sidérurgiques phosphatés, nous avons examiné les possibilités d'employer les sels de zirconium : *a.* comme réactif d'élimination quantitative de l'acide phosphorique, et *b.* comme réactif de dosage de cet acide. Il s'agissait de préciser les conditions d'obtention d'un phosphate de zirconium insoluble d'une composition définie, et cela, à l'encontre des méthodes connues, en milieu chlorhydrique. Le dosage de zirconium comme monophosphate dans les roches et les produits sidérurgiques, proposé par Hillebrand et amélioré par G. Steiger (2), Nicolardot et Reglade (3), G. E. Lundell et H. B. Knowles (4), H. J. van Royen et H. Grewe (5), doit en effet s'effectuer en milieu sulfurique de concentration déterminée. Le phosphate ainsi obtenu est calciné et pesé à l'état de pyrophosphate $ZrP_2O_7 (= ZrO_2 . P_2O_5)$.

(1) Séance du 23 décembre 1946.
(2) *Journ. Washington Academy of Sciences*, 8, 1918, p. 637.
(3) *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 349.
(4) *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 41, 1919, p. 1801.
(5) *Arch. f. Eisenhüttenw.*, 7, 1933-1934, p. 505.

Nos essais ont abouti à l'élimination quantitative de l'acide phosphorique, en solution chlorhydrique et en employant un excès de 200 à 300 % de zirconium, ajouté à l'état de solution aqueuse 10 % de chlorure de zirconyle $ZrOCl_2.8H_2O$. Cependant, pour obtenir un précipité facilement filtrable, il faut évaporer le liquide à sec et dessécher le résidu à 130°. En reprenant le résidu par $HCl(d = 1{,}07)$, le phosphate de zirconium, devenu granuleux, se filtre aisément, mais il faut éviter tout lavage à l'eau et employer pour cela HCl dilué (1/10). Par calcination à 1050°, on obtient non pas le pyrophosphate monozirconique, mais le pyrophosphate bizirconique $2ZrO_2.P_2O_5$. Dans le filtrat ainsi obtenu, on peut effectuer la séparation des cations trivalents d'avec les cations bivalents au moyen de l'ammoniaque et du brome, et l'on évite ainsi la séparation malaisée en milieu-tampon acétique ou par l'hexaméthylène tétramine.

Le fait inattendu d'avoir ainsi précipité quantitativement l'acide phosphorique à l'état de $2ZrO_2.P_2O_5$ nous a amenés à étudier le dosage de cet acide par l'ion Zr^{++++}. A cet effet, des solutions équimoléculaires de biphosphate de potassium et de chlorure de zirconyle ont été mélangées en proportions variables, les précipités obtenus après évaporation préalable des solutions et dessiccation des résidus, ont été pesés et analysés à leur tour.

Le tableau suivant résume les résultats d'une série principale d'expériences.

Poids des substances réagissantes (en g.).		Excès de réactif (%).		Poids des précipités.	
P_2O_5.	ZrO_2.	P_2O_5.	ZrO_2.	Théorique.	Trouvé.
0,2018	0,08758	100	–	0,1885	0,1870
0,1412	0,08758	40	–	0,1885	0,1866
0,1210	0,08758	20	–	0,1885	0,1866 (*a*)
0,1101	0,08758	10	–	0,1885	0,1878
0,1009	0,08758	0	0	0,1885	0,1873
0,1009	0,0964	–	10	(0,1973)	0,1955 (*b*)
0,1009	0,1059	–	20	(0,2068)	0,2058
0,1009	0,1026	–	40	(0,2235)	0,2236
0,1009	0,1752	–	100	0,2761	0,2748
0,1009	0,2627	–	200	0,2761	0,2770 (*c*)
0,1009	0,3503	–	300	0,2761	0,2762

Composition du précipité calciné : (*a*) $ZrO_2.P_2O_5$; (*b*) Mélange de $ZrO_2.P_2O_5$ et $2ZrO_2.P_2O_5$; (*c*) $2ZrO_2.P_2O_5$.

L'analyse des précipités de pyrophosphate obtenus a donné les résultats suivants :

	Excès de ZrO_2 (%).		Excès de P_2O_5 (%).	
Composition centésimale.	P_2O_5.	ZrO_5.	P_2O_5.	ZrO_5.
Trouvée	36,64	63,30	53,39	46,88
Calculée pour $2ZrO_2.P_2O_5$	36,55	63,45	–	–
» $ZrO_2.P_2O_5$	–	–	53,53	46,47

Il résulte de ces essais que la précipitation du phosphate de Zr en milieu chlorhydrique donne lieu, après calcination, à la formation de $ZrO_2.P_2O_5$ en présence d'un excès de P_2O_5 et de $2ZrO_2.P_2O_5$ en présence d'un excès de Zr.

Vérifiant et complétant ces résultats par le dosage comparatif de P_2O_5 comme $2ZrO_2.P_2O_5$ et comme phosphomolybdate sur une série de scories Thomas, nous avons obtenu les valeurs suivantes (moyennes de 3 à 5 dosages) :

	Échantillon n°						
P_2O_5 (%) trouvé comme	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Erreur moyenne.
$2ZrO_2.P_2O_5$ (gravimétr.)	24,20	21,73	20,82	18,44	17,18	15,18	±0,10
Phosphomolybd. (titrim.)	24,34	21,69	20,87	18,28	17,21	15,09	±0,08

Le dosage gravimétrique de P_2O_5 à l'état de pyrophosphate bizirconique est donc parfaitement possible, à condition d'opérer en présence d'un excès de Zr d'environ 200 à 300 % et de travailler dans les conditions prescrites.

CHIMIE MINÉRALE. — *Localisation des éléments alcalinoterreux dans les fractionnements de terres cériques.* Note de M. S. **Takvorian**, transmise par M. Paul Pascal.

Ayant fractionné les nitrates doubles de terres cériques en présence de faibles quantités de nitrates de Fe^{+++}, Bi^{+++}, Tl^{+++}, Ga^{+++}, In^{+++}, Th^{IV+}, nous avions remarqué que tous ces éléments se concentrent en queue du fractionnement [1].

Il en est tout autrement de l'ion Ba^{++}. Introduit à l'état de nitrate de baryum dans un fractionnement de nitrates de terres rares ammoniacaux ou magnésiens, l'ion Ba se concentre en tête du fractionnement, c'est-à-dire avec les portions les moins solubles.

Ce fait étant unique en son espèce, nous avons voulu étendre cette étude, et vérifier le comportement des éléments alcalinoterreux.

Un lot de 500^g de terres cériques a été transformé en nitrates doubles ammoniacaux, puis divisé en quatre parties égales.

La première a été fractionnée comme témoin, sans aucune addition.

Les trois dernières ont été fractionnées séparément, après addition de 10 % environ de nitrate de Ba, Sr ou Ca.

Plusieurs milliers de cristallisations ont conduit, dans chaque série, à sept fractions. Les fractions de tête contiennent, du point de vue des terres rares, le lanthane presque pur; elles sont suivies de fractions La-Pr, Pr-Nd, Nd et finalement de fractions riches en samarium.

Dans chaque série, chacune des fractions a été ajustée à 500^{cm^3}. Une prise d'essai de 5^{cm^3} a été traitée par l'ammoniaque; le précipité d'hydroxydes de

(1) S. Takvorian, *Ann. de Chim.*, 20, 1945, p. 155.

terres rares est transformé en oxalates, après redissolution dans l'acide nitrique; l'oxalate est titré par MnO_4K N/10.

Le filtrat ammoniacal, qui contient l'élément alcalinoterreux, est titré par MnO_4K N/10.

Dans le cas du baryum le filtrat ammoniacal est neutralisé par NO_3H, puis précipité par SO_4H_2.

Le tableau ci-dessous illustre les résultats.

Localisation des éléments alcalinoterreux lors du fractionnement des terres cériques à l'état de nitrates doubles ammoniacaux.

Addition de nitrate de baryum.

Numéros des fractions..	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII
M_2O_3(g)............	5,7	6,7	21,4	23,4	25,3	22,9	8,2
BaO (g)............	1,81	1,56	1,88	1,81	1,62	1,26	0,11
$\frac{BaO}{M_2O_3} \times 10^2$.........	31,8	23,3	8,8	7,7	6,4	5,5	1,3

Addition de nitrate de strontium.

Numéros des fractions..	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.
M_2O_3(g)............	3,8	5,6	12,7	25,3	28,3	29,5	26,8
SrO(g)............	0	0	0	0,2	0,51	2,07	4,7
$\frac{SrO}{M_2O_3} \times 10^2$.........	0	0	0	0,8	1,8	7,0	17,5

Addition de nitrate de calcium.

Numéros des fractions..	*a.*	*b.*	*c.*	*d.*	*e.*	*f.*	*g.*
M_2O_3(g)............	6,0	20,2	21,4	25,0	24,8	22,5	11,9
CaO (g)............	0	0	0,15	0,9	2,0	3,8	2,3
$\frac{CaO}{M_2O_3} \times 10^2$.........	0	0	0,7	3,6	8,1	16,9	19,3

La première série de nombres confirme les résultats déjà annoncés; l'ion Ba^{++} s'accumule en tête, dans les fractions les moins solubles.

L'ion Sr^{++} et l'ion Ca^{++} se distinguent très nettement du baryum : ils s'éliminent en queue, comme le font tous les autres éléments étudiés précédemment.

L'ion Ba^{++} est donc le seul qui se concentre en tête.

Ayant comparé deux à deux les fractions de la série contenant du baryum avec celles de la série témoin, nous n'avons pu déceler aucune différence de composition en terres rares, attribuable à la présence de l'ion Ba^{++}.

Il y a lieu de penser que le radium et son isotope le mésothorium-1 s'accumuleraient dans ces mêmes conditions, dans les fractions peu solubles de tête.

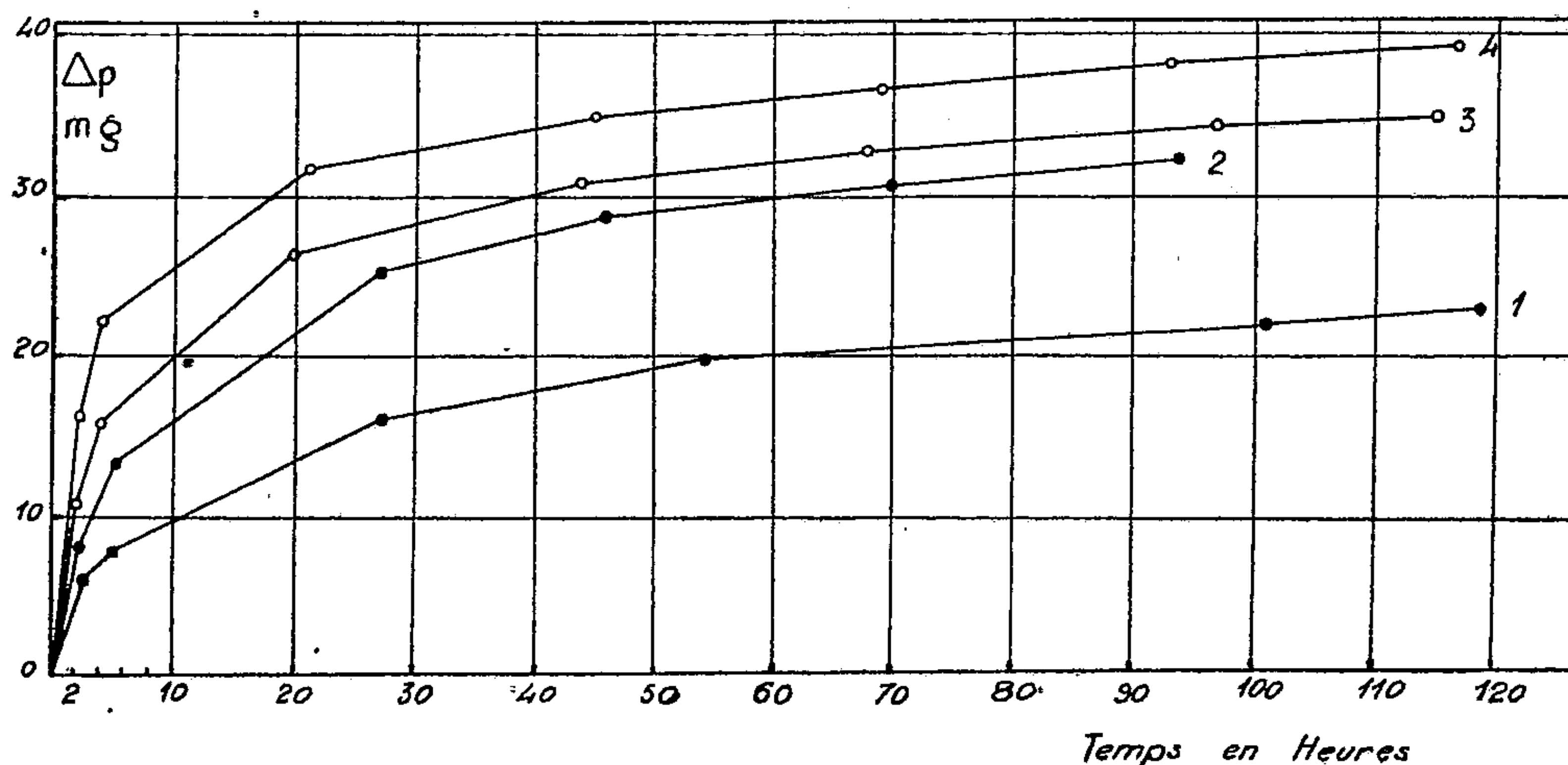
Aucun des éléments étrangers examinés ne se concentre à l'intérieur de la série des terres rares.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur les phénomènes d'adsorption et de désorption se produisant à la surface du fer après décapage à l'acide ou électrolytique.* Note (¹) de MM. **Paul Bastien** et **Simon Mischonsnikky** et M^lle **Chantal de Senneville**, présentée par M. Albert Portevin.

Le décapage à l'acide ou cathodique du fer provoque un chargement en hydrogène du métal et met à nu une surface débarrassée des oxydes qui pouvaient la recouvrir. Une telle surface paraissait, *a priori*, apte à adsorber, après décapage, les gaz de l'air : nous nous sommes proposé de démontrer la réalité de ce phénomène, de chiffrer son amplitude et de rechercher dans quelle mesure une désorption des gaz ainsi fixés pouvait ultérieurement se produire au cours du dégagement de l'hydrogène du métal chargé en ce gaz.

Le métal utilisé (fils de 2^{mm}) était un acier extra-doux Martin basique ($C = 0{,}06\ \%$), traité par un recuit à 950°. Le chargement en hydrogène a été réalisé soit par immersion de 48 heures dans une solution aqueuse à 10 % d'acide chlorhydrique, soit par attaque cathodique de même durée, dans la même solution avec une densité de courant de $5{,}25\ mA/cm^2$.

Si, après décapage et séchage des fils, on suit en atmosphère sèche leur poids en fonction du temps, on constate une augmentation qui, rapide dans les premières heures, ralentit progressivement (*fig.* 1). Dans le vide, cet accrois-



Augmentation de poids, par exposition à l'air sec, après décapage :
1. Surface oxydée, 2. Surface polie — décapage électrolytique. 3. Surface oxydée, 4. Surface polie — décapage à l'acide.

sement de poids ne se produit pas. L'allure du phénomène et les conditions dans lesquelles il se manifeste conduisent à considérer qu'une adsorption des gaz de l'air se produit à la surface du fer fraîchement décapé.

(¹) Séance du 23 décembre 1946.

Si l'on admet que la proportion d'azote et d'oxygène dans la couche de gaz adsorbés est la même que dans l'air, les volumes de gaz fixés, après 100 heures de séjour à l'air après décapage, sont les suivants :

Mode de décapage		Volumes de gaz adsorbés ($cm^3/100^g$ de métal) N_2.	O_2.
à l'acide	surface initiale oxydée	57,6	15,05
	» » polie	65,05	17,08
électrolytique	surface initiale oxydée	45,8	12,04
	» » polie	65,1	17,09

Si, après chargement en hydrogène, le fer est exposé à l'air ou mieux immergé dans un milieu facilitant la désorption ([2]) (eau, mercure), un dégagement abondant de gaz se produit. Il était intéressant de rechercher si le gaz ainsi émis est uniquement de l'hydrogène ou si les gaz de l'air fixés par adsorption participent au dégagement.

Dans ce but, du fil d'acier extra-doux recuit (100^g) a été chargé en hydrogène pendant 72 heures par immersion dans une solution aqueuse à 10 % d'acide chlorhydrique, ou par attaque électrolytique; les fils séchés étaient ensuite exposés à l'air de 2 à 6 heures, puis placés, immergés dans du mercure, dans un appareil relié à un analyseur de gaz. Les résultats ont montré, dans tous les cas, l'existence d'un léger dégagement d'oxygène et d'azote en même temps qu'un dégagement abondant d'hydrogène. Pour 2 heures d'exposition à l'air, après chargement et avant immersion dans le mercure, on a

		Attaque chimique	Attaque électrolytique
Volume total de gaz dégagé en 72 h. dans le mercure ($cm^3/100^g$ de métal).		35,9.	39,5.
Composition % du gaz recueilli	H_2	96,1	94,7
	O_2	0,3	0,3
	N_2	3,6	5

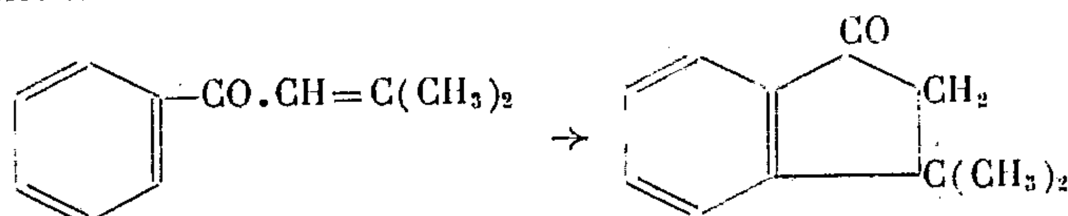
Le dégagement d'hydrogène est donc accompagné d'une désorption, au moins partielle, des gaz de l'air fixés par adsorption, après chargement. La proportion d'oxygène, plus faible que dans l'air, résulte probablement d'une combinaison partielle, avec formation d'eau, de l'oxygène adsorbé au contact de l'hydrogène activé dégagé par le fer ([3]). En réduisant au minimum le temps entre la fin du chargement et l'immersion dans le mercure, la mesure des volumes de gaz dégagés dans le mercure donne l'hydrogène émis à mieux que 5 % près.

([2]) P. Bastien, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 105.

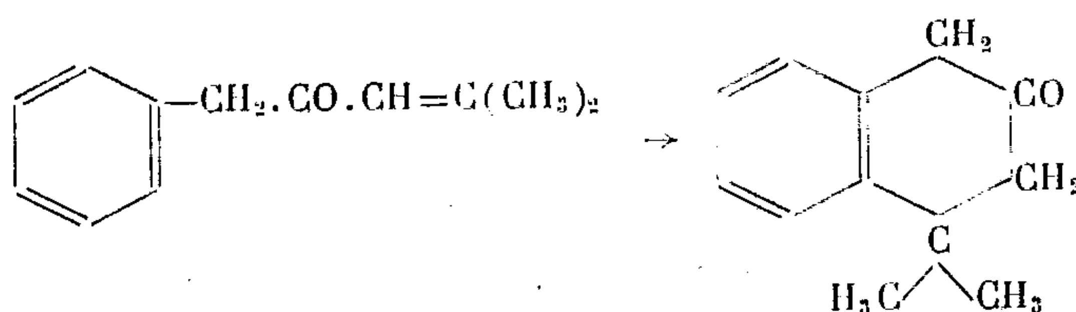
([3]) Un cas analogue a déjà été signalé par l'un de nous (combinaison de l'oxygène dissous dans l'eau au contact de l'hydrogène activé libéré par du fer chargé en ce gaz); P. Bastien, *Revue métallurgie*, 38, 1941, pp. 272-284.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Cyclisation de certaines cétones éthyléniques en β-tétralones.* Note [1] de MM. **Jean Colonge** et **Jean Chambion**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que les cétones éthyléniques présentant l'enchaînement $C_6H_5.CO.C=C-$ peuvent être cyclisées en indanones sous l'action du chlorure d'aluminium [2], soit au cours même de leur préparation, soit postérieurement à celle-ci.



Cette Note montre que les cétones du type $C_6H_5.CH_2.CO.C=C-$ conduisent aux β-tétralones lorsqu'on les traite par le chlorure d'aluminium; par exemple



Les cétones éthyléniques nécessaires à cette étude ont été obtenues par condensation du chlorure de phénylacétyle avec des hydrocarbures éthyléniques (isobutylène et triméthyléthylène) en présence de petites quantités de chlorure stannique selon le procédé que l'un de nous a déjà signalé [3]. Il est probable que l'on obtient des mélanges d'isomères α- et β-éthyléniques comme l'ozonolyse des semicarbazones le démontre. La cyclisation est réalisée en ajoutant lentement la cétone éthylénique (1/4 mol) à du sulfure de carbone tenant en suspension le chlorure d'aluminium (0,75 mol) pulvérisé; on chauffe ensuite à 45° pendant 1 heure 30 minutes; la masse refroidie est hydrolysée sur glace et acide chorhydrique; enfin on rectifie.

On peut admettre que la cétone α- ou β-éthylénique additionne les petites quantités d'acide chlorhydrique apportées par le chlorure d'aluminium; sur la cétone β-chlorée formée le chlorure provoque une réaction de Friedel et Crafts;

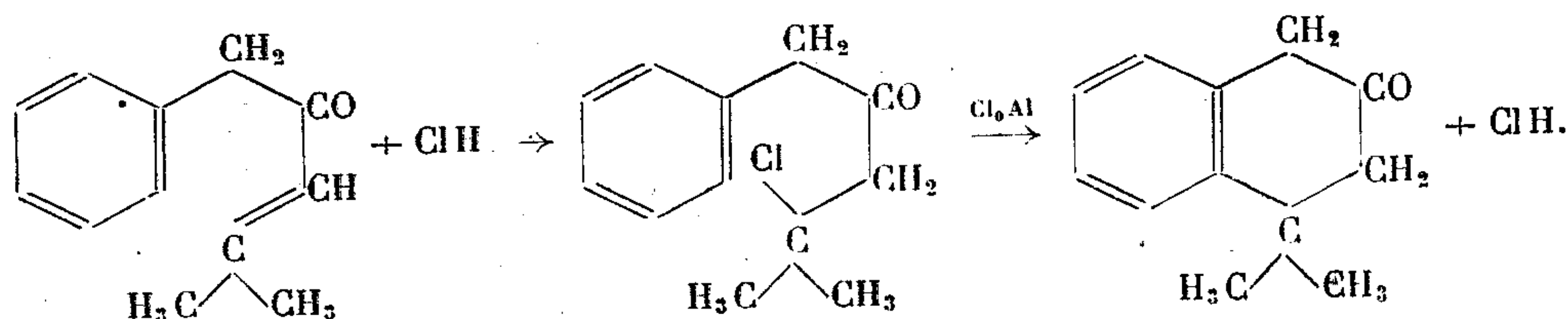
---

(1) Séance du 6 janvier 1947.

(2) V. Auwers et Risse, *Ann. der Chem.*, **502**, 1933, p. 282; Kohler, *Ber. d. chem. Ges.*, **54**, 1921, p. 990; Smith et Prichard, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, **62**, 1940, p. 770; etc.

(3) J. Colonge et Mostafavi, *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1938, p. 339.

l'acide chlorhydrique libéré entre à nouveau en réaction et ainsi de suite :



Les β-tétralones obtenues sont des liquides visqueux, bouillant sous 15^{mm}, une dizaine de degrés au-dessus des cétones éthyléniques; leur densité est supérieure à l'unité; elles donnent très facilement des semicarbazones. Par hydrogénation elles fournissent des β-tétralols, lesquels, par chauffage avec de l'acide phosphorique, se déshydratent en dihydronaphtalènes (mélanges d'isomères 1-2 et 1-4); l'hydrogénation de ces dialines donne les tétralines correspondantes.

La constitution des β-tétralones obtenues est prouvée par oxydation qui fournit de l'acide diméthylhomophtalique; si la triméthyltétralone est oxydée par l'acide chromique en solution acétique, on obtient l'acide *o*-(α-α-diméthylpropylone) benzoïque déjà décrit par Price (4).

Signalons aussi que les β-tétralones réagissent avec l'isatine (réaction de Pfitzinger) et donnent les acides dihydroacridinecarboxyliques.

Phényl-1 méthyl-4 pentène-3 (ou 4) one-2 $C_{12}H_{14}O$. Liquide incolore, d'odeur miellée, $É_{14}$ 138°; $d_4^{17,5}$ 0,998; $n_D^{17,5}$ 1,5393; Rdt 35 % ; *semicarbazone* F 148°.

Phényl-1 diméthyl-3.4 pentène-3 (ou 4) one-2 $C_{13}H_{16}O$. Liquide incolore, $É_{11}$ 145°; d_4^{14} 0,994; n_D^{14} 1,5314; Rdt 65 % ; *semicarbazone* F 186°.

Diméthyl-1.1 tétralone-3 $C_{12}H_{14}O$. Liquide visqueux, jaunissant peu à peu; $É_{16}$ 150°; d_4^{23} 1,050; n_D^{23} 1 5412; Rdt 70 % ; *semicarbazone* F 181°.

Triméthyl-1.1.2 tétralone-3 $C_{13}H_{16}O$. Liquide visqueux, incolore, odeur de miel et de bois; $É_{16}$ 152°; $d_4^{15,5}$ 1,046; $n_D^{15,5}$ 1,5420; Rdt 80 % ; *semicarbazone* F 147°.

Diméthyl-1.1 tétralol-3 $C_{12}H_{16}O$. Cristaux. F 70°.

Triméthyl-1.1.2 tétralol-3 $C_{13}H_{18}O$. Liquide visqueux; $É_{17}$ 171-173°.

Diméthyl-1.1 dihydro-1.2 (ou 1.4) naphtalène $C_{12}H_{14}$. Liquide incolore, $É_{15}$ 107°; $d_4^{18,5}$ 0,964; $n_D^{18,5}$ 1,5542;

Triméthyl-1.1.2 dihydro-1.2 (ou 1.4) naphtalène $C_{13}H_{16}$. Liquide incolore, $É_{17}$ 127-131°; $d_4^{17,5}$ 0,961; $n_D^{18,5}$ 1,5482.

Diméthyl-1.1 tétrahydro-1.2.3.4 naphatalène $C_{12}H_{16}$. Liquide mobile; $É_{17,5}$ 110°; n_4^{25} 0,945; n_D^{25} 1,5267; constantes en bon accord avec celles de Bogert (5).

Triméthyl-1.1.2 tétrahydro-1.2.3.4 naphatalène $C_{13}H_{18}$. $É_{16}$ 125°; d_4^{15} 0,941; n_D^{25} 1,5243.

Acide diméthyl-3.3 benzo-1.2 dihydro-3.4 acridine carboxylique-10 $C_{20}H_{17}O_2N$. Cristaux jaunâtres; F 271°.

Acide triméthyl-3.3.4 benzo-1.2 dihydro-3.4 acridine carboxylique-10 $C_{21}H_{19}O_2N$. Cristaux jaunâtres; F 257°,5.

Nous poursuivons cette étude sur les cétones $C_6H_5-(CH_2)^n.CO.\underset{|}{C}=\underset{|}{C}-$ pour $n \geqq 2$.

---

(4) PRICE, DAVIDSON et BOGGERT, *Journ. org. Chem.*, 2, 1938, p. 540.

(5) BOGGERT, DAVIDSON et APFELBAUM, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 959.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la lumière diffusée vers l'arrière par les cristaux liquides.* Note de M. **Pierre Chatelain**, présentée par M. Charles Mauguin.

La lumière diffusée vers l'arrière, par une préparation orientée de para-azoxyanisol dans sa phase nématique, placée normalement au faisceau de lumière excitatrice, a été comparée à la diffusion vers l'avant, dans les quatre cas étudiés dans une Note antérieure [1].

Pour réaliser des conditions plus symétriques, la préparation, limitée précédemment par une lame plane et une lentille demi-boule, a été remplacée par une préparation limitée par deux lames parallèles.

L'état de polarisation de la lumière diffusée vers l'arrière est analogue à celui de la lumière diffusée vers l'avant pour des directions symétriques : dans les quatre cas étudiés, c'est le faisceau diffusé transportant la vibration perpendiculaire à la vibration du faisceau éclairant qui est la plus intense.

D'autre part, l'intensité de la lumière diffusée vers l'arrière est bien moins grande que l'intensité de la lumière diffusée vers l'avant, les faisceaux comparés étant symétriquement disposés par rapport à la préparation. Il en résulte qu'il est nécessaire de faire une correction importante; en effet le faisceau de lumière excitant la diffusion se réfléchit partiellement sur lui-même, sur la lame de sortie de la préparation; retournant vers l'arrière, il traverse à nouveau celle-ci et excite donc vers l'arrière une diffusion qui est, en réalité, une diffusion avant. Si cette correction est faite, on constate que la lumière diffusée vers l'arrière a une intensité très lentement croissante quand on s'écarte du faisceau direct.

A titre d'exemple, voici les résultats obtenus dans le cas I_a : la lumière excitatrice vibrant parallèlement à la vibration ordinaire de la préparation, le plan de diffusion étant le plan perpendiculaire à l'axe optique, le faisceau diffusé le plus intense vibre parallèlement à la vibration extraordinaire; sa brillance ξ_{n_e} est en fonction de l'angle de diffusion Φ

Φ	$(180-8)^\circ$.	$(180-11)^\circ$.	$(180-16)^\circ$.	$(180-20)^\circ$.
ξ_{n_e}	3,5	4,1	4,1	5

Alors que les valeurs correspondantes pour la diffusion avant sont

Φ	8°.	11°.	16°.	20°.
ξ_{n_e}	123	80	46	29

Des résultats analogues sont observés dans les cas I_b, II_a et II_b.

La dissymétrie du diagramme représentant la brillance en fonction de l'angle de diffusion est considérable, elle est caractéristique d'une diffusion par de grosses particules.

---

(1) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 229.

Y. Rocart ([2]) a donné une relation liant le diagramme de diffusion aux dimensions des particules diffusantes en admettant que celles-ci sont sphériques, isotropes et plongées dans un milieu d'indice voisin du leur. Un diagramme semblable au nôtre serait obtenu avec des particules ayant un diamètre de $0^{\mu},2$ à $0^{\mu},3$.

Dans le cas des cristaux liquides, les particules ne sont ni sphériques, ni isotropes, et le milieu dans lequel elles sont plongées est formé des mêmes éléments qu'elles-mêmes, cependant le résultat ci-dessus doit nous donner l'ordre de grandeur de leurs dimensions.

Ces dimensions sont aussi celles déterminées par W. Kast ([3]) pour interpréter les valeurs anormales des constantes électromagnétiques des cristaux liquides et très voisines de celles adoptées par H. Tropper ([4]) à la suite de son étude sur le *mouvement brownien* découvert par Ch. Mauguin ([5]) dans le para-azoxyanisol.

Il est donc raisonnable d'admettre que, dans une préparation orientée de para-azoxyanisol dans sa phase cristal liquide, il existe des groupements de molécules de deux à trois dixièmes de micron, dans lesquels les molécules seraient très sensiblement parallèles, ces groupements étant séparés les uns des autres par des couches de passage où cette orientation serait plus désordonnée. Cette disposition serait, par suite de l'agitation thermique, en perpétuelle transformation dans le temps et l'espace, les dimensions des groupements se maintenant sensiblement constantes.

Quant à l'existence même de ces groupements et des couches de passage, elle doit être attribuée à une combinaison des actions du champ moléculaire et de l'agitation thermique; les ondes thermoélastiques seraient responsables du désordre des couches de passage et le fait que les groupements ont des dimensions bien définies indiquerait que, dans les cristaux liquides, les longueurs d'onde d'un très grand nombre d'ondes thermoélastiques se trouveraient comprises dans une bande assez étroite, voisine de $0^{\mu},3$.

GÉOLOGIE. — *Sur le Nummulitique de l'Ouest de Saint-Étienne-de-Tinée* (*A.-M.*). Note ([1]) de M. **Paul Fallot** et de M[lle] **Anne Faure-Muret**, présentée par M. Charles Jacob.

Nous avons montré ([2]) que le Crétacé moyen et supérieur forme les massifs situés entre le Col de Crous et la Cime de Pal. Il y est couronné par le Nummulitique.

([2]) *Revue d'Optique*, 9, 1930, p. 97.
([3]) *Zeits. für Electrochem.*, 45, 1939, p. 184.
([4]) *Ann. der Phys.*, 30, 1937, p. 371.
([5]) *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 1359.

([1]) Séance du 23 décembre 1946.
([2]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 954.

La comparaison de ce Tertiaire, dont M. R. Abrard a aimablement déterminé les Foraminifères avec celui déjà partiellement connu au Nord de Demandols, appelle des remarques importantes.

Arête de Rocca Maire et crête de Rognone. — Sur les poudingues terminant le Sénonien de Rocca Maire, reposent des calcaires noirs à petites Nummulites qui forment les 5 à 10 mètres terminaux de l'arête. Pendant légèrement au Sud-Ouest, ils y supportent des couches grises stériles, rappelant le Flysch, assez largement étendues dans le versant méridional du massif et dans la crête de Rognone, qui le relie à la Tête de Mérich. Cette crête avait déjà fourni en 1941, à l'un de nous, vers la cote 2250, des calcaires à *Nummulites* cf *incrassatus* ou *striatus* et *Operculina* cf *ammonea*. M. L. Bertrand a étudié jadis (3) le Nummulitique de la Tête de Mérich. Mais parce qu'il tenait le massif de Rocca Maire pour néocomien, il avait dû dessiner un contact anormal entre ce Crétacé inférieur et le Priabonien de la Tête de Mérich (4). En fait, la crête étant tout entière en Nummulitique, plus n'est besoin d'invoquer un contact anormal pour interpréter des relations parfaitement normales.

Versant Nord du Vallon de Demandols. — Les cartes montrent là, sur le Crétacé supérieur, des calcaires noirs à *N. striatus* suivis de Grès d'Annot, dans tous les sommets alignés du Mont-Aunès à la Pointe des Trois-Hommes; en revanche, le Bollofré et la Cime de Pal, situés plus à l'Ouest, sont attribués au Crétacé supérieur.

Le Bollofré (2828^{m}) domine le haut vallon de Demandols par un versant extrêmement abrupt. Entre lui et la Cime de Pal se creuse un cirque ouvert à l'Est, dont le fond est à 2300^{m} et que dominent des falaises presque infranchissables. Le bas des parois, le fond du cirque et les rochers qui le dominent au Nord sont formés par le Sénonien à *Inoceramus inconstans*. A l'Ouest, le Crétacé supérieur est recouvert, vers 2525^{m} d'altitude, par le conglomérat à patine jaune, puissant ici de 10 à 25^{m}, et qui passe vers le Sud au haut des escarpements supérieurs de la Cime de Pal. Lui font suite des calcaires noirs à *Orbitolites complanatus*, *Nummulites striatus* et *Orthophragmina;* des calcaires noirs à *N. striatus* seule; puis des couches grisâtres de type Flysch. Ces dernières ont une patine analogue à celle du Crétacé, ce qui explique sans doute l'attribution du Bollofré et de la Cime de Pal à ce système.

Le conglomérat jaune forme une bande que l'on peut suivre à la jumelle dans les falaises du Bollofré, graduellement élevée vers le Nord-Est. Elle y définit aussi la base du Nummulitique, inaccessible ici. Plus loin, elle s'effile et disparaît. A la Baisse des Trois-Hommes et plus à l'Est, ce repère n'existe plus et nous avons observé, avec M. Durand-Delga, le repos direct, sans aucun faciès détritique intercalaire, des calcaires noirs à N. *striatus* seule, sur les calcaires sénoniens au Sud de Pierre Châtel. Sur cette transversale, les couches grises stériles sont assez réduites, et c'est la série du grès d'Annot qui règne dans toute la partie supérieure du massif.

Des observations consignées ici et dans une précédente Note (5), nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

Dans la région étudiée, le Nummulitique est transgressif sur le Sénonien, mais à peu près concordant avec lui. Il est formé de quatre termes :

1° Lutétien supérieur ou Bartonien inférieur, régnant de la Cime de Pal au

(3) Carte géologique de France au 1/80000, Feuille Saint-Martin-Vésubie.
(4) *Bull. Serv. Carte géolog. France*, n° 56, 11, 1896, pl. II.
(5) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 55.

Mont-Aunès ([6]) et jusqu'au Nord-Est de Saint-Dalmas-le-Selvage, sauf localement au Sud de Pierre Châtel, et dont la transgression semble être venue du Nord. J. Boussac admettait l'âge *auversien* des gisements du Lauzanier, à 4^{km} au Nord, et de la Noncière, à 17^{km} au Sud-Ouest du Mont Aunès. Mainguy ([7]), par contre, a supposé que *N. perforatus* n'y est mêlée à une faune de cachet priabonien qu'à l'état remanié. La constance d'un horizon caractérisé par l'association à *N. striatus* de *N. perforatus*, *N. Brongniarti* et *Orbitolites complanatus*, dans la région située au Nord du Vallon de Demandols, exclut l'idée d'un remaniement des grandes Nummulites et nous porte à revenir aux vues paléogéographiques de Boussac. D'ailleurs, même remaniées, les grandes Nummulites du Lauzanier ne pouvaient venir de bien loin.

2° Bartonien supérieur ou Priabonien inférieur, en calcaires noirs à *N. striatus* seule ou avec *N.* cf *incrassatus*, épais de 30 à 40^{m}, étendu au Sud-Ouest jusqu'à Rocca Maire et à la Tête de Mérich, par où il se reliait sans doute à celui de la région de Puget-Théniers.

3° Série grise, marno-sableuse, stérile, rappelant certains Flyschs, plus épaisse dans le Sud-Ouest, apparemment réduite vers le Nord-Est. C'est sans doute l'équivalent de l'horizon marno-calcaire intercalé dans ce que M. L. Bertrand appelle *le faciès méridional*, entre Priabonien et Grès d'Annot. Cette formation remonte ici plus au Nord qu'on ne le croyait, puisqu'elle dépasse le Mont Aunès et même la Pointe Giassin.

4° Enfin, Grès d'Annot, puissant et largement répandu.

GÉOLOGIE. — *Cycles sédimentaires et épisodes tectoniques d'âge secondaire dans les Causses méridionaux du Quercy.* Note ([1]) de MM. **Bernard Gèze**, **Michel Durand-Delga** et **Albert Cavaillé**, présentée par M. Charles Jacob.

A la suite de E. Fournier ([2]) et de A. Thévenin ([3]), on admettait que, sur un Permien gauchi mais non vraiment plissé, la sédimentation du Trias et du Jurassique avait été relativement continue, malgré la présence de faciès lacustres, de faciès de brèches et des puissances fort variables pour certains étages.

Nos observations, effectuées de 1942 à 1946 sur les Feuilles de Cahors et de Montauban, complètent ou modifient sensiblement ces esquisses antérieures.

Tandis que, dans le Sud, le dôme de la Grésigne ne montre aucune discordance nette entre le Permien et le Trias, dans le dôme de Villevayre le Trias transgresse sur le

([6]) *Comptes rendus des Coll. Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, 1945 (sous presse).

([7]) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, 7, 1937, pp. 401-406.

([1]) Séance du 23 décembre 1946.

([2]) *Feuilles géologiques de Gourdon, Cahors et Montauban* (1res éditions).

([3]) *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 95, 14, 1902-1903.

Stéphano-Autunien et le Saxonien franchement plissés. Puissants d'au moins 150 à 200m dans l'Ouest, les grès, calcaires et argiles attribués au Trias, n'ont plus que 5 à 20m dans l'Est, où ne se retrouvent guère que les grès supérieurs, peut-être déjà rhétiens.

Le Trias s'est donc déposé sur un pays plissé et non entièrement aplani à la fin du Permien. Sa réduction considérable vers le socle ancien du Ségala est un phénomène tout à fait analogue à celui que l'on observe, symétriquement par rapport au haut-fond cévenol, dans la bordure sud-est du Massif Central.

La sédimentation paraît ensuite continue pendant le Lias inférieur, mais une lacune est probable entre Sinémurien et Charmouthien, ce dernier étage débutant en effet par un calcaire à grains de quartz, débris de fossiles et fragments roulés de calcaire sinémurien (4).

A la fin du Charmouthien, le calcaire gréseux, souvent lumachellique, à *Pseudopecten æquivalvis*, traduit un retour à des conditions de très faible profondeur. Les marnes noires toarciennes, à *Posidonomya Bronni*, espèce déjà signalée vers Gramat et Figeac, mais récemment trouvée dans le Sud (4), indiquent un nouvel approfondissement certain de la mer. Par contre, l'Aalénien correspond à une phase franchement régressive, ainsi que le démontrent le faciès gréseux, les bancs à *Gryphaea sublobata* et la présence assez constante d'un niveau d'oolites ferrugineuses, épais de 20cm à 1m, entre Saint-Antonin au Sud, Vidaillac et Laramière au Nord.

Le Lias nous apparaît donc comme l'ensemble de trois petits cycles sédimentaires, séparés par des lacunes ou tout au moins par des épisodes de moindre profondeur : cycle Hettangien-Sinémurien, cycle Charmouthien, cycle Toarcien-Aalénien.

Il semble que, dans le Sud, le Bajocien succède en continuité au Lias supérieur. Par contre, dans les régions de Laramière à Marroule et de La Capelle-Balaguier, nous avons reconnu que cet étage transgresse directement sur le Toarcien et même sur le calcaire du Charmouthien supérieur. Bien que les couches soient proches de l'horizontale, on observe là une très belle *discordance de mapping*. Plus au Nord, Mouret (5) avait d'ailleurs signalé l'absence d'Aalénien et, vers l'Est, Mlle Boisse de Black (6) avait noté la possibilité de lacunes à la base du Bajocien du Détroit de Rodez.

La sédimentation calcaréo-dolomitique se poursuit ensuite jusque vers le Bathonien inférieur où se présentent des discontinuités fréquentes mais de faible ampleur. Entre Saint- Antonin et Cajarc, nous avons observé parfois jusqu'à dix alternances de gros bancs calcaires à surface corrodée, durcie, ferrugineuse, incrustée d'huîtres, et d'argiles ligniteuses dont la faune laguno-lacustre est par ailleurs bien connue.

Quelques passées bréchiques ont été signalées à ce même niveau, mais ce faciès se développe beaucoup dans le Bathonien supérieur des Feuilles de Gourdon et de Brive, traduisant sous une autre forme des conditions de grande instabilité de la sédimentation calcaire.

Ainsi, immédiatement avant le Bajocien ou au début de cet étage, on est

---

(4) *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, 1943, p. 190.
(5) *Feuille de Figeac* (2e édition).
(6) *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 188, 36, 1932-1933, p. 116.

conduit à admettre dans le Quercy l'existence d'une phase d'érosion consécutive à une légère déformation tectonique.

Ensuite, pendant la première moitié du Bathonien surtout, mais peut-être pendant toute la durée de cet étage, le Quercy a été le siège d'une sédimentation très instable et toujours de très faible profondeur, comme c'est le cas pour le grand Causse du Larzac et maintes autres régions de la périphérie du Massif Central.

Malgré sa puissance considérable, le Jurassique supérieur est plus monotone. Cependant, la fréquence des faciès de calcaires crayeux à Polypiers (Callovo-Oxfordien à Rauracien), les faciès de calcaires en dalles ondulées à Lamellibranches et Oursins (Séquanien), enfin les faciès de calcaires marneux, localement bréchiques à la base et lignitifères (Kiméridgien), s'expliquent tous par la proximité de la côte ou même le retour à des périodes d'instabilité.

Les sédiments secondaires ultérieurs, s'il y en a eu, ont tous été enlevés par l'érosion, mais les formations sidérolitiques reposent en moyenne sur des couches de plus en plus récentes vers l'Ouest. Un gauchissement général, avec affaissement vers le centre du Bassin Aquitain, paraît donc certain et pourrait être daté des phases tectoniques du Crétacé moyen ou du Lutétien, bien connues par ailleurs.

Entre les phases tectoniques du Permien supérieur et du Crétacé moyen ou du Lutétien, la zone méridionale des Causses du Quercy, comme la plupart des régions de bordure du Massif Central, fut donc, au cours du Secondaire, le siège d'une sédimentation troublée et discontinue, faite de nombreux petits cycles que séparent des épisodes de faible profondeur ou même d'émersion, notamment après une phase de déformation tectonique sensible, datant du début du Bajocien.

GÉOLOGIE. — *Les grands traits de la tectonique du Bassin de Blanzy.* Note (¹) de M. **Jean Louis**, présentée par M. Charles Jacob.

Une Note précédente (²) a exposé les raisons qui nous ont conduit à admettre l'existence d'une sédimentation continue depuis le Stéphanien jusqu'au Permien supérieur. Dans celle-ci, seront précisée la tectonique du bassin et définie la nature de certains contacts anormaux que de précédents observateurs ont attribués à des plissements post-houillers ou post-autuniens.

I. Si, partant de la lisière N du bassin entre le Creusot et Saint-Eugène, on se dirige vers le SE, on rencontre successivement les sables gréseux rouges et blancs du Permien supérieur, les arkoses blanches de l'étage moyen qui forment souvent des promontoires rocheux, les schistes à *Walchia* qui apparaissent en anticlinaux à Charmoy, Courmarcou etc. Mais, sur une ligne allant du village

(¹) Séance du 6 janvier 1947.
(²) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 426.

de Charmoy au hameau de Changy près des Martenets, les grès rouges placés au SE se trouvent en contact avec diverses formations du Permien moyen et inférieur : schistes et arkoses près de Charmoy, arkoses blanches à la Valotte, schistes à l'Échenault, au Grenouillat, aux Martenets. De chaque côté les pendages sont les mêmes : ici il existe une faille longitudinale.

Non loin de Montceau, les arkoses blanches plongent au NW et forment une petite butte sur laquelle est construit le village de Sanvignes. Elles dominent une bande de grès rouges plongeant également au NW. On a donc là un autre accident longitudinal important : la faille de Sanvignes, parallèle à la précédente, et qu'on suit par Royan jusqu'au delà de la ferme du Sauvage.

II. Des observations similaires démontrent la présence d'autres accidents, transversaux cette fois et de direction N 70° W :

L'un d'eux passe au N des Bizots et au SW de la Crézille, où il met en contact schistes et grès rouges.

Un second, la faille de Charmoy, visible dans le chemin allant des Carrés aux Rochettes, coupe l'anticlinal de Charmoy et semble responsable de la stérilité du grand sondage fait jadis près de cette localité.

Une troisième faille coupe les schistes de Courmarcou.

Une quatrième explique la présence d'un lambeau de grès rouges accolés aux schistes à *Walchia* de Chapitre.

Une faille de direction NS remonte les terrains à l'E d'une ligne allant de la gare de Montchanin aux Lavriots. Dans cette région, les arkoses blanches réapparaissent aux carrières des Lavriots et au S du Breuil, permettant de jalonner deux accidents longitudinaux de direction N 55° E.

Toutes ces failles transversales ont des rejets de l'ordre de plusieurs centaines de mètres; elles offrent la particularité de remonter le compartiment E par rapport au compartiment W.

III. Au SW d'une ligne Saint-Eugène-Étang des Martenets, les observations sont rendues plus difficiles par le développement des alluvions pliocènes. On y peut cependant faire des constatations analogues, notamment au Puits et au Buisson, où apparaissent des schistes à *Walchia*. La ligne de dislocation Charmoy-les Martenets paraît se prolonger au Puits, au N de Marly, à l'E de Gueugnon. Une autre ligne de dislocation paraît jalonner au S les schistes du Buisson, les arkoses de la Petite Faye, les schistes de Curdin. Enfin, il est probable qu'un effondrement important s'est produit au S d'une droite joignant Clessy aux Morillons.

IV. Les coupes transversales montrent l'existence de deux anticlinaux séparés par un synclinal. Les axes des plis, dirigés N 30° E, paraissent légèrement obliques par rapport à la direction générale du bassin qui est N 35° E à N 40° E, dans la partie NE, et N 50° E, dans la portion méridionale.

Les coupes longitudinales montrent quelques ondulations de l'axe des plis, notamment dans la région NE, où la diagonale Sanvignes-les-Martenets correspond à un maximum d'élévation.

Les pendages mesurés sont généralement compris entre 15° et 25°, atteignant quelquefois 45°, par exemple dans la région de Sanvignes. Enfin, aux environs de Montchanin, on note un déversement local des couches inférieures sur le grès rouge, lequel a participé au mouvement comme on le voit dans une carrière près de la gare de Montchanin.

V.. Les limites du bassin sont déterminées par des failles. On se rend compte du rôle joué par ces accidents et notamment par les failles transversales en examinant une coupe longitudinale : remontant à plusieurs reprises les terrains qui plongent vers le NE, elles contribuent à augmenter considérablement la longueur apparente du bassin.

VI. On peut résumer ainsi l'histoire géologique du Bassin de Blanzy : à la sédimentation houillère banale se substitue progressivement une sédimentation détritique qui domine au Permien moyen. A la fin du Permien moyen et au début de l'étage supérieur, les dépôts deviennent plus grossiers; ils contiennent de nombreux galets, indices de la prédominance d'un régime torrentiel. Le climat désertique s'établit ensuite et les sables rouges des couches les plus élevées du Permien sont homogènes. Une phase tectonique majeure, avec plis et failles, intervient alors. Elle est suivie d'une érosion qui précède les dépôts du Trias. Au Tertiaire, une nouvelle série de dislocations affecte l'ensemble, faisant rejouer les failles permiennes et en produisant d'autres. Une nouvelle érosion donne au bassin son aspect actuel.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques schistes à graptolites de la Guinée française.* Note de M^lle^ **Thérèse Pobeguin**, présentée par M. Charles Jacob.

Ce travail, poursuivi il y a une quinzaine d'années sur la demande de Paul Lemoine, n'a jamais jusqu'à ce jour été publié. M. G. Arnaud, directeur actuel du Service des Mines de l'A. O. F., vient de me faire connaître qu'il présentait un intérêt pour l'étude du Paléozoïque guinéen. D'où cette Note succincte.

Les schistes en question, dont l'origine exacte ne peut être précisée, proviennent vraisemblablement de l'extrême Sud de la Guinée, de régions voisines de la frontière du Libéria, et sont tous de même âge. Néanmoins, d'après l'allure des plaques, tant au point de vue du groupement des Graptolites qu'à celui du grain de la roche et du degré d'altération, il n'est pas impossible qu'ils aient été recueillis en des points différents.

J'ai, à l'époque, envoyé les principaux échantillons fossilifères à Miss Elles afin d'assurer mes déterminations. Tous les types sont caractéristiques de la zone à *Monograptus sedgwicki* (zone 21 de Miss Elles) et sont par conséquent du Llandovery supérieur. Ces schistes seraient l'équivalent des « Upper Birkhill Shales », donc du Gothlandien inférieur (*Valentian* des auteurs anglais). Par ailleurs, ils seraient d'un niveau un peu inférieur à ceux de J. H. Sinclair

(échantillons provenant des environs de Télimélé), contenant *Monograptus priodon* et *Gladiograptus geinitzianus* (zones 23-26 de Miss Elles).

Avec certaines plaques se trouvent des lentilles de grès sombre, très dur, à grain fin, parfois pyriteux; en plaque mince, les grains de quartz apparaissent nets, petits et réguliers, quelques-uns ont une extinction roulante; il y a un peu de mica (muscovite ou séricite), un peu de chlorite, du sphène, quelques grains roulés de zircon et des débris de tourmaline verdâtre; beaucoup de pyrite, généralement emballée dans de la matière organique charbonneuse.

Les schistes, pour la plupart noirs et micacés, peuvent se répartir de la façon suivante :

a. Des plaques à surface brillante, en masses assez épaisses et dures, souvent lisses, peu altérées, qui montrent des empreintes pyriteuses ou charbonneuses nettes; le schiste est fin et régulier de grain; on y observe *Petalograptus altissimus* et *Climacograptus hughesi*, le plus souvent associés, ainsi que *Climacograptus scalaris*. Sur certaines plaques, remarquablement lisses, on trouve presque uniquement de nombreuses traces de sicula. Ces schistes présentent des parcelles de mica très fines et sont en général noirs, avec des passées psammitiques; certains échantillons, brun rougeâtre, ne contiennent aucun fossile.

b. D'autres plaques également brillantes, épaisses et dures, peu altérées, à empreintes nettes, révèlent des traces de *Climacograptus scalaris* et *Glyptograptus tamariscus*, var. *incertus*.

c. De grandes plaques assez altérées quoique encore résistantes de schistes noirs, à paillettes de mica plus développées, montrent des empreintes parfois encore assez brillantes, mais parfois recouvertes d'une couche brune de carbonate de fer. On y trouve associés : *Monograptus sedgwicki*, *Monograptus undulatus* et *Monograptus distans*. Les empreintes de *Monograptus sedgwicki* sont toujours sans épines. Un des échantillons présente des traces de *Retiolites* (vraisemblablement *Gladiograptus perlatus*).

d. De grandes plaques très altérées, se délitant facilement, très pyriteuses. La pyrite se présente souvent en plages circulaires de petits cristaux parfois brillants, plages recouvertes d'efflorescences blanches entourées de granules bruns; il semble qu'il s'agisse de fins cristaux de gypse et de grains de sidérose, provenant de l'altération de la pyrite. Ces plaques montrent des empreintes peu nettes (souvent carbonatées) de *Monograptus* analogues aux précédents.

D'autres plaques sont tellement altérées que l'on n'y distingue plus de Graptolites. Tous les feuillets se soulèvent et sont remplis d'efflorescences blanches, formées par le groupement en rosettes de très fines aiguilles de gypse; ces échantillons ne présentent plus de pyrite visible.

Il reste à souhaiter, à la fin de cette Note, que les indications données permettent de retrouver en place les schistes ci-dessus étudiés.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Faible importance du ruissellement dans les plaines atlantiques françaises.* Note de M. **André Cailleux**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Une étude des vallons forestiers de Dourdan (S.-et-O.) m'a montré, d'une part que l'écoulement de l'eau, l'érosion et la sédimentation mécaniques sont

nuls sur les versants et faibles sur les thalwegs et presque exclusivement limités aux semaines qui suivent le dégel; et, d'autre part, que l'écoulement est favorisé par la présence en profondeur d'une couche imperméable.

Partout où elle s'exerce en France, l'influence du gel (rétention) et du dégel sur l'écoulement s'avère considérable. Elle me conduit à distinguer, dans le type hydrologique pluvial tempéré, deux variétés : pluvial frais et pluvial tiède. Le type tiède s'observe là où le gel est négligeable, dans les petites vallées littorales de l'Ouest. Le type frais est réalisé partout ailleurs, dans les bassins de Seine, Somme et Meuse; il paraît commandé moins par la pluie que par le nombre de jours de gel, de l'ordre de 40 à 100 par an; il diffère du type tiède par le fait que les plus fortes crues se produisent exclusivement lors du dégel, par la valeur plus élevée (4 mois contre 2 à 3) du retard entre les maximums de précipitation et de débit, et enfin par la part plus importante (10 % environ contre 1 à 2 %) de la neige dans l'alimentation.

On peut reconstituer comme suit les régimes hydrologiques qui se sont succédé dans le Bassin parisien. Au Tertiaire, la flore indique un climat assez chaud et par suite un régime pluvial tropical ou pluvial tiède, probablement avec crues d'août à décembre. Au Quaternaire, lors des phases non glaciaires, régimes pluvial tiède ou pluvial frais, crues de décembre à février. Lors des phases glaciaires, au contraire, présence d'un tjæle, régime probablement nival analogue (avec des différences dues à la latitude) à celui de l'Alaska, crues très tardives (mai à juillet ?); la grossièreté des alluvions anciennes implique un très fort débit; d'autres faits, selon Guillien et Tricart, indiqueraient au contraire des débits très faibles; loin d'être contradictoires, de telles différences, si elles se confirment, marqueraient, à mon sens, la différenciation des climats périglaciaires suivant les époques, les saisons et les lieux.

L'absence de ruissellement sur les versants forestiers n'est pas particulière aux environs de Dourdan; elle s'étend à toutes les plaines atlantiques françaises, là où le sol est perméable. Elle oblige à émettre les plus expresses réserves sur le rôle géologique habituellement attribué au ruissellement dans ces régions. Les traits si particuliers de la morphologie et de la lithologie quaternaires — dépôts de pente, chaos de blocs, dissymétrie des versants de vallée, vallons secs, etc. — sont inexplicables dans les conditions naturelles actuelles. Ils s'expliquent au contraire fort bien par l'effet du climat périglaciaire quaternaire : dénudation, gel fracturant les roches ; au dégel, coulées de solifluxion ; très forts débits fluviatiles. Et le creusement des vallées aujourd'hui sèches s'est effectué pour sa plus grande partie lorsqu'un sol perpétuellement gelé conférait aux pays calcaires et sableux une imperméabilité aussi rigoureuse que celle des terrains les plus argileux. Les récents travaux de Bigot, Breuil, Chaput, Dangeard, Guillien, Mathieu, Milon et Tricart concordent sur ces divers points avec les miens.

Sous climat tempéré, l'érosion et la sédimentation mécaniques sont à l'état

de nature, incomparablement plus lentes que sous climat périglaciaire. Par comparaison avec ce que m'a montré la forêt vierge de Białowieża en Pologne, elles paraissent surtout imputables, sur les versants, à des causes accessoires, comme le creusement des terriers d'animaux fouisseurs et le renversement si fréquent des arbres.

L'influence favorable de l'imperméabilité sur l'écoulement et par suite sur le déblaiement contribue à expliquer certains traits du relief des plaines atlantiques françaises. Si les pays argileux sont souvent déprimés par rapport aux pays calcaires voisins, ce n'est peut-être pas, contrairement à ce qu'on a pensé parfois, parce qu'ils sont plus tendres, mais bien parce qu'étant plus imperméables ils sont le siège d'un écoulement et d'une érosion plus intenses. C'est en partie pour la même raison que les massifs anciens granito-gneissiques sont disséqués en croupes molles, tandis que leur couverture sédimentaire mésozoïque, plus perméable dans l'ensemble, est demeurée tabulaire. Le mécanisme de l'épigénie peut ainsi être précisé. Imaginons en effet des terrains sédimentaires perméables reposant, par l'un de leurs côtés seulement, sur un massif ancien. De deux rivières égales, celle qui coule au-dessus du massif ancien imperméable et, plus tard, à son contact, coule plus et érode plus que celle qui demeure en terrain sédimentaire perméable; elle a, par suite, plus de chances de persister et d'accroître son réseau, moins de risques d'être captée ou de se perdre. Ainsi s'expliquerait, pour une part, la fréquence relative des cas d'épigénie.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la structure de la Bekaa (Liban).* Note de M. **Etienne de Vaumas**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

D'après le schéma classique acrédité par Ed. Suess, la Bekaa est un maillon du fossé syrien, prolongement des grands effondrements de la Mer Rouge et de l'Afrique orientale. Si cette vue grandiose demeure exacte dans sa majeure partie, il semble qu'elle soit à réviser pour ce qui concerne la partie septentrionale de la Syrie, et notamment pour la Bekaa.

Notons d'abord que les failles dont on peut ici faire état mettent rarement en contact des étages géologiques différents et ne peuvent être prouvées que par les pendages et les accidents morphologiques.

Il faut encore remarquer que la dépression de la Bekaa s'élargit du Sud au Nord par suite de la divergence des axes longitudinaux des montagnes encadrantes. Si sa bordure est rectiligne du coté de l'Antiliban, elle est rendue sinueuse du côté du Liban par deux avancées de la montagne en demi-dôme, correspondant aux culminations du Makmel et du Sannin. Le seuil de Baalbeck, séparant les bassins de l'Oronte et du Litani, se trouve, de manière inattendue, entre ces deux avancées.

En réalité la Bekaa est un berceau synclinal (pli de fond ou pli à grand

rayon de courbure selon Argand), qui doit intéresser le socle lui-même. Les calcaires cénomaniens y sont recouverts par le Crétacé supérieur, le Tertiaire et le Quaternaire ([1]) : mais on les voit affleurer entre le débouché sur la plaine de Homs (600^{m}) et le seuil de Baalbeck (1016^{m}), tandis qu'ils se relèvent dans l'Antiliban jusqu'au signal de Halimé (2464^{m}) et dans le Liban jusqu'à la crête des Avants-Monts ([2]) (1300 à 2300^{m}).

Entre le seuil de Baalbeck (850^{m}), terminaison méridionale de la Bekaa et le Djebel Rharbi (1300^{m}), qui obture la dépression, le Cénomanien, puis le Jurassique se relèvent encore à l'Est, pour atteindre 1885^{m} aux Aiguilles Blanches, et à l'Ouest jusqu'à 2195^{m} dans les Avant-Monts Libanais au-dessous du Sannin.

Plus au Sud, le contact de la plaine avec la montagne est sans doute souligné par une faille, mais on constate encore en de nombreux points de part et d'autre de cet accident le relèvement des couches vers l'Ouest.

Il ressort des chiffres précédents que la dénivellation topographique de la Bekaa s'explique essentiellement par la courbure synclinale des strates. Rien ne concrétise mieux celle-ci que les deux *crets* opposés de calcaire numulitique, l'un dont on peut suivre le front tourné vers l'Est, tout le long de l'Antiliban sur 140^{km}; l'autre dont le front tourné vers l'Ouest apparaît au-dessous du Sannin.

Les failles de l'Antiliban ne peuvent être invoquées contre cette conclusion. Il n'y en a pas trace sur 70^{km}, de la plaine de Homs à Baalbeck. La faille qui commence au sud de ce point recoupe obliquement le massif, passant du versant occidental de l'Antiliban au versant sud-oriental de l'Hermon. Au nord de Serrhaya, son regard fait face à la Bekaa, mais son rejet doit être faible, car les couches subissent un coude brusque. Aux Aiguilles Blanches, son regard est tourné vers l'Est. Il en est de même dans l'Hermon pour la faille de Sebaa, faisant face au Sud-Est avec un rejet important.

Le Liban lui-même offre des fractures notables, mais qui ne sont pas plus favorables à l'interprétation de la dépression de la Bekaa comme fossé tectonique. Dans le Liban septentrional on rencontre un alignement d'accidents topographiques : Ouadi Oudine, cinq poljés (Merj Hine, Jbab el Homeur, Ouyoun Ourgousch, Yammouné, Ez Zainié), vallées opposées bordant le Sannin. Cet alignement se prolonge par le contact rectiligne de l'anticlinal du Djebel Barouk avec la plaine alluviale de la Bekaa. Mais le regard est tourné vers l'Ouest, avec rejet notable au Djebel Akroun, extrémité septentrionale des Avants-Monts.

Il en est de même au droit de la culmination du Sannin, où les couches de

---

([1]) Nous suivons pour la stratigraphie les travaux de Zumhofen, Dubertret et H. Vautrin.

([2]) Nous appelons Avant-Monts Libanais les reliefs, pouvant atteindre 6^{km} de large, compris entre la Bekaa et la grande fracture dont il sera parlé plus loin.

l'Aptien apparaissent à l'est de la faille, tandis que c'est le Cénomanien plus récent qui se montre du côté du Liban [3]. Sur le reste du tracé de la faille, l'orientation du regard ne peut être reconnue, mais le rejet semble à peu près nul; le raccordement des sommets subhorizontaux et des Avants-Monts libanais s'explique suffisamment par le brusque pli en genou qui suit la bordure orientale de ces hauts plateaux. Cette charnière, que l'érosion a quelques fois détruite, demeure encore parfaitement observable en de nombreux endroits.

Ainsi en aucun point, semble-t-il, on ne peut faire la preuve d'un regard de faille tourné vers la Bekaa.

Conclusion. — La Bekaa est une dépression topographique due à un synclinal de fond et non à un fossé tectonique encadré de failles. Les plis en genou très brusques, qui ne sont pas de flexures avec étirement des couches, y jouent un rôle important.

Du côté de l'Antiliban, les failles n'existent pas dans sa partie nord; dans sa partie sud, elles appartiennent à la structure de ce massif. Bien loin que la Bekaa soit abaissée par rapport aux sommets de la chaîne orientale, c'est le contraire qui se produit.

Du côté du Liban, on ne peut reconnaître qu'une fracture unique, suivant l'axe du massif, à la différence de ce qui se passe de l'autre côté. Son regard, quand on peut l'observer, fait face à l'Ouest. Son rejet, incalculable de manière précise, est ordinairement très faible et n'intervient que très peu dans la dénivellation de la dépression de la Bekaa.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur le balayage électrique des brouillards.* Note de M. **Marcel Pauthenier**, présentée par M. Aimé Cotton.

Est-il possible de précipiter électriquement un brouillard en y laissant tomber de fines particules électrisées ? Cette question nous a été posée récemment. On peut voir par un calcul préliminaire si elle admet une solution, et dans quelles conditions.

1° *Charge électrique préalable des particules.* — Le moyen le plus efficace pour charger des particules avant de les disperser dans le brouillard consiste [1] à leur faire traverser un champ électrique ionisé E_0 : une particule sphérique, de rayon R, de pouvoir inducteur spécifique ε_0, y acquiert rapidement [1] une charge limite

$$q_0 = pE_0R^2,$$

où $p = 1 + 2(\varepsilon_0 - 1)/(\varepsilon_0 + 2)$.

---

[3] Carte géologique à 1/50000, feuille Zahlé par L. Dubertret.

[1] Pauthenier et Mme Moreau-Hanot, *Journ. de Phys.*, 3, 1932, p. 590.

Si la particule est conductrice, $p = 3$; si elle est constituée par exemple par un grain de silice, $\varepsilon_0 = 4$ et $p = 2$.

De toute façon il est aisé de réaliser des champs E_0 tels que le champ superficiel de la particule soit aussi voisin que l'on voudra de la valeur pour laquelle il y aurait décharge dans l'air : la charge maximum est alors atteinte.

2° *Section de balayage d'une particule chargée tombant dans un brouillard.* — Un brouillard contient relativement peu d'eau liquide (par exemple 2^g par m^3). Autour de la particule chargée A, qui tombe dans le champ de la pesanteur, existe un champ radial $E = q_0/x^2$ u. e. s. c. g. s. à la distance x de son centre. Une gouttelette d'eau B de pouvoir inducteur spécifique ε, de rayon r, est soumise de la part de A à une force attractive f dont l'expression classique est

$$f = \left(\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2}\right) r^3 E \frac{\partial E}{\partial x}.$$

En raison de la valeur élevée de ε pour l'eau pure, la parenthèse peut être remplacée par l'unité. Pour évaluer simplement l'efficacité du balayage électrique, nous admettrons que l'eau d'une particule B se fixe sur A lorsque la distance ρ qui sépare les centres de A et B peut être parcourue pendant que A tombe d'un diamètre. Pour plusieurs raisons évidentes, la valeur ainsi calculée pour ρ est trop faible quand ρ est petit; mais le calcul n'a d'intérêt que si ρ^2 est grand devant R^2. Le résultat est indépendant de la viscosité de l'air et dépend de la masse spécifique μ des particules A

$$\rho^2 = \left(\frac{18 p^2 E_0^2 r^2}{\pi \mu g}\right)^{\frac{1}{2}} R.$$

Pour le balayage en chute verticale, le *gain* dû à l'électrisation des particules A est donc caractérisé par la fonction

$$(1) \qquad y = \frac{\pi \rho^2}{\pi R^2} = \left(\frac{18 p^2 E_0^2 r^2}{\pi \mu g}\right)^{\frac{1}{2}} \frac{1}{R},$$

valable pour $y \gg 1$. Le rôle des divers termes se trouve mis clairement en évidence.

Exemple numérique. — $E_0 = 30$ u. e. s. c. g. s., $r = 10$ microns, $p = 2$, $\mu = 5/2$, $R = 20$ microns. On trouve $y = 22$: le balayage vertical devient alors environ vingt fois meilleur quand la particule tombante est électrisée que quand elle est neutre. La question posée n'est donc pas déraisonnable; mais le gain n'est pas tel que l'on ne doive serrer de près les difficultés.

Remarque. — Pendant la chute, le rayon des particules A croît; on peut en tenir compte, ce qui complique l'expression (1). Mais dans les cas usuels y ne décroît que lentement avec la cote de A.

3° *Masses de matière divisée mises en jeu.* — Supposons d'abord pour fixer les idées les particules tombant à l'état neutre et que l'on veuille une section totale de balayage S' égale à l'aire brumeuse S à nettoyer.

Le nombre des particules neutres à utiliser est $S'/\pi R^2$ et leur masse $4/3\,\mu S'R \simeq 660$ kg à l'hectare dans l'exemple numérique précédent.

En électrisant les particules, la masse divisée à répandre tombe à la valeur $m_1 = 30$ kg à l'hectare. Il résulte d'un calcul de M. Halphen que la proportion de brouillard abattu est sensiblement

$$\lambda_1 = 1 - e^{-1} \text{ voisine de } \frac{2}{3}$$

en une seule opération avec la masse m_1 choisie. L'expression générale de λ est $1 - e^{-S'/S}$.

4° *Conclusions*. — Il va de soi qu'un avion électriquement isolé du sol ne saurait répandre dans l'espace des porteurs de charge d'un seul signe, parce qu'on ne pourrait, sans libérer des ions rapides, maintenir l'avion lui-même à l'état neutre.

Certains dangers électrostatiques doivent aussi être considérés. Leurs circonstances sont d'ailleurs calculables.

Plusieurs méthodes permettent cependant de tourner les difficultés. Il convient de s'assurer (2) que les porteurs de charge ne sont pas nuisibles aux êtres vivants.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *La constitution anatomique du bois secondaire homogène des Ipécacuanhas*. Note (1) de M. **Robert Lemesle**.

Les traités classiques distinguent les Ipécas à bois homogène et à bois hétérogène; chez les premiers, ils mentionnent la présence de fibres et de trachéides, mais ils n'en précisent pas la nature. De plus, cette homogénéité du bois de la racine se retrouve-t-elle dans la tige ?

Uragoga granatensis Baillon. — Le cylindre ligneux de la racine, vu en coupe transversale, est divisé en nombreux secteurs par des rayons médullaires 1 ou 2-sériés, à cellules plus ou moins allongées radialement. L'examen de coupes longitudinales permet de constater que ces secteurs renferment :

1° Des éléments sclérifiés à extrémités le plus souvent effilées, de 80 à 475^{μ}. Leurs parois sont pourvues, sur toutes leurs faces, de 2 à 3 rangées de ponctuations aréolées circulaires ou elliptiques, dont les ouvertures, légèrement étirées, n'atteignent pas le pourtour de l'aréole. Ces éléments qui présentent l'aspect morphologique de trachéides, sont munis de perforations simples, circulaires ou ovoïdes, situées d'ordinaire au voisinage des extrémités. Leur superposition leur permet de jouer le rôle de véritables vaisseaux ouverts.

2° De véritables trachéides organisées comme les précédentes, mais dépourvues de perforations.

3° Des fibres-trachéides de 250 à 350^{μ}; leurs aréoles sont plus petites (2^{μ}), plus espacées,

(2) M. Pauthenier, G. Truffaut, M. Dubois et P. Hampe, *Comptes rendus*, **219**, 1944, pp. 613-614.

(1) Séance du 6 janvier 1947.

dépassées par les fentes obliques et croisées en X; leur cavité est souvent divisée par de minces septa, de nature pecto-cellulosique.

4° Des files de cellules de parenchyme sclérifié.

(Ces racines sont connues sous le nom d'Ipéca annelé majeur.)

Le bois secondaire de la tige aérienne renferme les mêmes éléments; mais examiné en coupe transversale, il présente une certaine hétérogénéité : Les fibres-trachéides, dont le diamètre total ne dépasse guère 15 μ, se distinguent des trachéides, perforées ou non, dont le calibre varie de 18 à 42 μ.

Cephælis Ipecacuanha A. Rich. — Les constituants du cylindre ligneux de la racine (Ipéca annelé mineur) et de la tige sont les mêmes que chez la plante précédente; mais ici, l'homogénéité du bois secondaire, vu transversalement, se retrouve dans les deux organes.

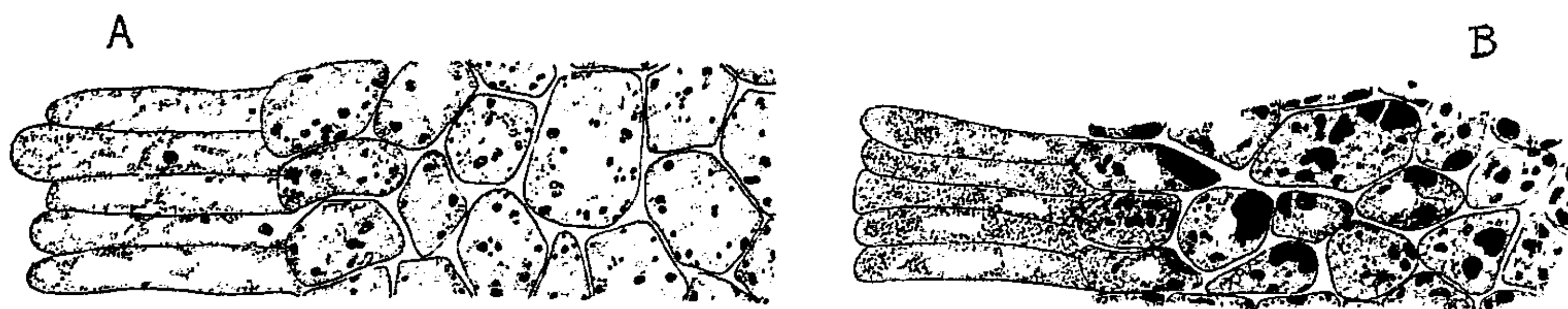
Psychotria emetica Mutis. — L'Ipéca strié majeur se compose aussi souvent de rhizomes que de racines de cette espèce. Le cylindre ligneux de la racine est divisé, par des rayons médullaires peu distincts en coupe transversale, en nombreux secteurs où l'on voit les mêmes éléments que chez les Ipécas annelés. Le xylème du rhizome se fait remarquer, même en coupe transversale, par une hétérogénéité accentuée. De larges zones tangentielles de grandes cellules parenchymateuses à paroi sclérifiée viennent alterner avec les anneaux de formations fibro-vasculaires. Ces derniers, coupés parfois aussi par des bandes radiales de semblable parenchyme, présentent ici encore la même organisation; cependant les parois des fibres-trachéides se montrent, ici, beaucoup plus épaisses que celles des éléments conducteurs; de plus, le diamètre des cavités ne dépasse pas 6 μ chez les premières, tandis qu'il varie de 15 à 25 μ chez les seconds. Le bois secondaire de la tige aérienne ne diffère de celui du rhizome que par l'absence totale de zones tangentielles et radiales de parenchyme sclérifié.

Chez ces trois plantes, nous remarquons l'absence de véritables vaisseaux parfaits; le rôle conducteur est rempli principalement par des files de longues trachéides fusiformes pourvues non seulement de ponctuations aréolées, mais encore de perforations simples. Nous désignons ces éléments sous le terme de « fibres aréolées conductrices ». Leurs ponctuations aréolées, ainsi que celles des véritables trachéides non perforées de ces mêmes ipécas, sont beaucoup plus nombreuses et plus petites que celles des trachéides des Schizandracées et des Illiciacées.

Nous retrouvons ainsi, dans le cylindre ligneux de ces trois Rubiacées, la coexistence de « fibres aréolées conductrices », de trachéides, de fibres-trachéides et de files de cellules de parenchyme sclérifié. L'homogénéité du bois des racines n'est qu'apparente; elle diffère sensiblement de l' « homoxylie » des Drimytacées, Trochodendracées et Tétracentracées, caractérisée par la présence exclusive de trachéides à ponctuations aréolées de type tantôt cycadéen, tantôt scalariforme. Quant au xylème des tiges aériennes, vu transversalement, il paraît encore homogène chez le *Cephælis Ipecacuanha*, mais, chez les deux autres, il se montre déjà hétérogène en raison de la différence de calibre des éléments conducteurs et des fibres-trachéides. L'hétérogénéité est encore plus accentuée dans le rhizome du *Psychotria emetica*.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'évolution des inclusions lipidiques du germe de Blé pendant le traitement de printanisation.* Note (1) de M. **Roger David**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous allons décrire l'évolution de la forme et de la répartition des inclusions lipidiques des jeunes plantules de Blé Vilmorin 27 pendant le traitement à basse température (2) et (3) et la croissance des témoins (4). Dans ce but, nous avons prélevé des plantules toutes les semaines pendant le traitement et nous les avons fixées comme précédemment (5) au liquide de Mèves. Pour les témoins, les fixations étaient effectuées tous les jours pendant quatre jours. C'est le troisième jour que les plantules avaient atteint une taille en général comparable à celle des sujets printanisés pendant cinq semaines. Sur des



Assise assimilatrice et parenchyme du cotylédon de deux plantules se trouvant morphologiquement au même état de développement apparent. La répartition des inclusions lipidiques est profondément différente dans les deux cas.
A, sujet printanisé (5 semaines à + 2° C.); B, témoin (3 jours à 23° C.).

coupes passant par l'axe de l'embryon nous avons alors effectué les observations suivantes :

Assise assimilatrice. — Le nombre des gouttelettes ne changent guère pendant la germination des témoins tandis qu'il diminue progressivement pendant le traitement de printanisation.

Cotylédon. — 1° Témoins : l'huile, d'abord diffuse autour des grains d'aleurone (1er jour), apparaît sous forme de gouttelettes et de flaques (2e jour) dont la taille diminue ensuite légèrement (4e jour); 2° Sujets printanisés : la quantité d'huile, importante au début du traitement (8 jours : gouttelettes et petites flaques), diminue nettement dès la troisième semaine.

Coléoptile. — Seules, les cellules de la base du coléoptile des témoins contiennent (le premier jour) des inclusions lipidiques dispersées dans le cytoplasme ou localisées contre les cloisons transversales; mais, dès le deuxième jour, il n'y a plus de gouttelettes nettement perceptibles. Au contraire, toutes les cellules du coléoptile des sujets printanisés contiennent toujours de nombreuses granulations localisées contre les membranes transversales dès la première semaine de traitement.

---

(1) Séance du 23 décembre 1946.

(2) Eau, 37 %, 1 à 2 jours à 10° C. puis à 2° C. pendant cinq semaines.

(3) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 628; 220, 1945, p. 118.

(4) Germination à 23° C. environ.

(5) *C. R. Soc. biol.*, 139, 1945, p. 299.

Coléorhize. — 1° Témoins : les cellules situées de part et d'autre de la tigelle contiennent quelques gouttelettes qui disparaissent dès le 2e jour de germination ; 2° Sujets printanisés : les gouttelettes persistent pendant les quinze premiers jours de traitement.

Tigelle. — 1° Témoins : le nombre des inclusions diminue progressivement ; 2° Sujets printanisés : l'huile persiste pendant tout le traitement. *Sommet de la tigelle.* — 1° les gouttes et gouttelettes demeurent pendant toute la durée de l'expérience, et ce n'est que le 4e jour que leur nombre et leur taille diminuent légèrement ; 2° Sujets printanisés : les inclusions sont toujours visibles mais la taille des gouttelettes diminue nettement dès le 15e jour de traitement.

Méristème de la gemmule. — Le nombre et la taille des inclusions diminue peu chez les témoins. Chez les sujets printanisés, la taille des gouttes et le nombre des gouttelettes diminuent dès la 3e semaine de traitement.

Ébauches foliaires enveloppant le méristème. — 1° Témoins : les nombreuses gouttelettes disparaissent dès le 2e jour, sauf à l'extrémité de l'ébauche foliaire la plus voisine du méristème ; 2° Sujets printanisés : les inclusions huileuses, localisées surtout contre les cloisons transversales, persistent pendant les trois premières semaines de traitement, puis disparaissent ensuite progressivement.

Racines séminales. — 1° Témoins : le 1er jour, nombreuses gouttelettes disséminées dans le cytoplasme ou localisées au niveau des cloisons transversales, mais disparaissant dès le 2e jour ; 2° Sujets printanisés : gouttelettes assez nombreuses après une semaine de traitement, se disposant, au bout de 15 jours, contre les membranes transversales, puis disparaissant.

En résumé, tandis que chez les témoins, l'assise assimilatrice, le cotylédon, le sommet de la tigelle, le méristème de la gemmule sont toujours riches en huile, ces mêmes organes présentent, chez les sujets printanisés, des inclusions dont le nombre et la taille diminuent progressivement au cours du traitement. D'autre part, les inclusions lipidiques du coléoptile disparaissent rapidement chez les témoins, tandis qu'elles persistent toujours chez les sujets traités à basse température. Les autres régions de la plantule : ébauches foliaires, tigelle, coléorhize, racines séminales ont une évolution à peu près parallèle dans les deux cas.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les échanges gazeux des feuilles adultes maintenues à l'obscurité.* Note (1) de M. **Alexis Moyse**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Après N. T. Deleano, H. Godwin et L. R. Bishop et surtout E. W. Yemm, il nous a paru intéressant de comparer les échanges gazeux à l'obscurité des feuilles de diverses espèces dont les caractères physiologiques et la constitution chimique diffèrent notablement. Furent étudiés successivement, au cours de l'été et de l'automne 1946, les échanges gazeux de limbes, isolés et placés à l'obscurité, de *Triticum vulgare* Vill. (Blé Fylgia Vilmorin) Sarrasin, *Polygonum Fagopyrum* L., Haricot d'Espagne, *Phaseolus multiflorus* Willd. et

(1) Séance du 23 décembre 1946.

d'Oseille, *Rumex Acetosa* L. Dans chaque cas, une série de feuilles, aussi identiques que possible, a été cueillie dans la même matinée. Les feuilles lavées ont été placées dans une chambre obscure de température et degré hygrométrique constants. Maintenues verticales, elles plongeaient par leur base dans une solution Knop. L'étude des échanges gazeux a débuté 6 heures après. Trois lots de quelques limbes, nettoyés et pesés, furent placés simultanément dans des flacons clos, de volume connu. En fin de séjour, la teneur en CO_2 de l'atmosphère ainsi confinée était comprise en moyenne entre 1 et 3 %. L'extraction et l'analyse des gaz furent effectuées à l'aide des techniques mises au point par L. Plantefol et sous sa direction. Après extraction des gaz, les limbes furent mis à l'étuve pour détermination du poids sec. Les opérations furent poursuivies de 48 en 48 heures jusqu'après la mort. Simultanément d'autres limbes furent fixés en vue de recherches ultérieures sur les variations des glucides, lipides, protides et éventuellement des acides organiques. En même temps, les variations du poids frais sur témoins, l'absorption des ions NO_3^- et l'émission de NH_3 furent suivies. L'état biologique du matériel fut contrôlé au rouge neutre et les feuilles en mauvais état ou contaminées par des Champignons ou des Bactéries éliminées. L'étude des échanges gazeux de limbes tués dans des conditions déterminées a été reprise par ailleurs.

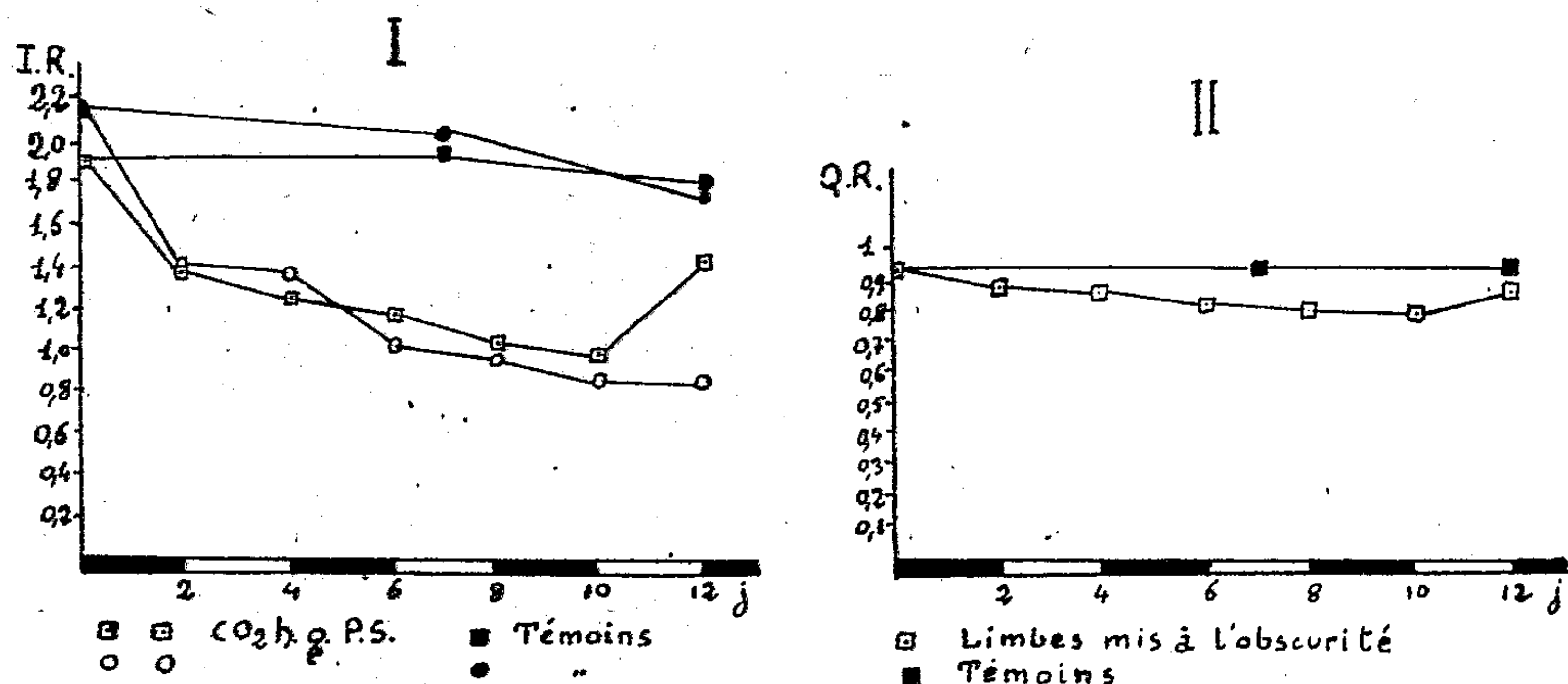
1. *Feuilles de Haricot d'Espagne* (cueillies sur pieds âgés de 68 j.).

Dates.	P. F. (10 limbes) en g.	T°.	θ°.	N de NO_3^- disparu en mg.	N de NH_3 apparu en mg.
2 sept.......	8,033	18	80	–	–
4 »	8,872	18	78	0,49	0
6 »	8,650	18	80	0,42	0
8 »	8,210	18	82	0,44	0,09
10 »	7,740	18	83	0,40	0,19
12 »	6,980	18	84	0,34	0,20
14 »	5,727	18	83	0,44	0,20
16 »	5,224	18	83	1,62	1,96

Le jaunissement des limbes commença le 8; il était complet le 13. Le 16, les limbes étaient morts. L'émission de NH_3 est pratiquement négligeable tant qu'ils sont en vie.

Le graphique I indique les variations de l'intensité respiratoire (I. R.) (chaque point correspond à 3 déterminations simultanées). L'I. R., élevé d'abord (1,89 cm³/h. et g-sec), diminue rapidement, atteint son minimum (1,12) après 10 j., puis croît (1,48 après 12 j.). L'I. R. de témoins prélevés sur pieds laissés dehors, dans les conditions naturelles, montre peu de variations. Les résultats exprimés pour 10 limbes, compte tenu des variations du P. F., conduisent aux mêmes observations. La forte déshydratation en fin d'expérience masque toutefois l'augmentation de l'I. R. Comme il est figuré

sur le graphique II, le quotient respiratoire Q. R., 0,93 au début, diminue (0,80 après 6 j.), présente un palier, puis s'élève légèrement (0,82 après 12 j.).



2. Les limbes d'Oseille étudiés dans les mêmes conditions (durée 9 j.) se comportent un peu différemment. L'I.R., moins élevée au départ (0,76), croît d'abord lentement (0,83 après 4 j.), puis rapidement (>2 après 8 j.) Le Q.R., de 0,94 au début, diminue un peu (0,9 après 4 j.), puis s'élève (>1 après 8 j.).

3. Pour les limbes de Blé (feuilles 5 et 6 de pieds âgés de 65 j., durée 10 j.), l'I.R. croît d'abord de 0,88 à 0,92 (après 4 j.), puis diminue (0,69 après 8 j.), enfin croît (1,01 après 10 j.). Le Q.R.; 0,9 au début, diminue (0,80 après 2 j.), présente un palier, puis croît après 6 j. pour atteindre 0,98 après 8 j.

4. Les limbes de Sarrasin (cueillis sur pieds agés de 86 j., durée 12 j.) présentent une chute d'I.R., au début (de 1,11 à 0,45 après 6 j.), puis un net accroissement (0,51 après 8 j.). Le Q.R., 1,1 au début, diminue (0,85 après 6 j.), puis croît (0,99 après 10 j.). Les différences des I.R. au début, pour les limbes des diverses espèces, tiennent selon moi aux différences de « masses actives » pour lesquelles la teneur en N protéique donnera une première approximation et aux différences dans les taux de glucides. Les chutes d'I.R. sont à mettre en relation avec les diminutions des taux de glucides, de même les chutes de Q.R. Par contre leurs accroissements, surtout sensibles en fin d'expérience, sont particulièrement nets pour les limbes riches en acides organiques (oxalique surtout) qui, à la faveur d'une désorganisation progressive du protoplasme, doivent être oxydés.

GÉNÉTIQUE VÉGÉTALE. — *Un type singulier de comportement héréditaire chez une Graminée* : Bromus macrantherus *Hack.*, « *mutation fugace* » *et* « *espèce statistique* ». Note (1) de M. **Antoine de Cugnac**, présentée par M. René Souèges.

On sait qu'un certain nombre d'espèces du genre *Bromus* ne possèdent que deux étamines au lieu des trois qui se rencontrent uniformément chez presque

(1) Séance du 23 décembre 1946.

toutes les Graminées, ce qui, en raison de la constance du nombre staminal dans cette famille, constitue un caractère important de séparation entre ces espèces diandres et leurs congénères triandres. On peut ainsi opposer les deux espèces suivantes, parfois confondues sous le nom de *B. maximus* Desf. :

1° *B. rigidus* Roth, à deux étamines pourvues d'anthères très courtes ($0,5$-1^{mm}), à floraison cléistogame;

2° *B. macrantherus* Hack., à trois étamines à anthères très longues (6-7^{mm}), à floraison chasmogame ([2]).

Ces deux espèces annuelles se rencontrent souvent associées aux mêmes emplacements. C'est ainsi que je les retrouve régulièrement depuis 1933 à La Baule (Loire-Inférieure).

B. rigidus, toujours autogame par suite de sa cléistogamie, se présente comme une espèce pure; quant à *B. macrantherus*, sa stabilité est attestée par Hackel, qui termine ainsi sa description, basée sur des exemplaires recueillis au Portugal : « En culture, reste tout à fait constant » ([3]). Mais les essais de semis que je poursuis depuis plus de dix ans sur les échantillons provenant de mes récoltes à La Baule m'ont donné des résultats tout différents, exposés ci-dessous.

Pour assurer la détermination spécifique des grains destinés aux semis, je n'ai retenu, en ce qui concerne *B. macrantherus*, que ceux qui portaient encore, serrées entre les glumelles, les trois longues anthères caractéristiques de cette espèce; j'ai constaté de même, pour *B. rigidus*, la présence des deux petites anthères desséchées au sommet de chaque grain. Les récoltes, à La Baule, ont été renouvelées à diverses reprises depuis 1933, et les semis effectués, au cours de la même période, dans les conditions les plus variées : l'année de la récolte ou après conservation, semis d'automne ou de printemps, à Paris, à Antibes (Villa Thuret), dans les Ardennes, etc.

Or, dans tous les cas, les descendants obtenus dans ces essais se sont montrés uniformément conformes au type *rigidus* : diandre, micranthère et cléistogame, qu'il s'agisse du semis des grains de cette espèce ou de *B. macrantherus*, dont les caractères bien différents (triandrie, macranthérie) avaient toujours été soigneusement contrôlés au moment du semis. En seconde et troisième génération, on constate de même le maintien du type unique *rigidus*.

B. macrantherus ne paraît donc capable de se reproduire, au moins jusqu'en F_3 et pour ce qui concerne les échantillons originaires de La Baule, que sous la forme de *B. rigidus*, ce qui ne peut manquer de surprendre, étant donné d'une part que les deux espèces diffèrent par des caractères aussi opposés que 3 *étamines* et 2 *étamines*, et d'autre part il ne saurait être question d'une hybridation avec *B. rigidus* en raison de la cléistogamie complète de cette espèce, qui lui interdit toute fécondation allogame. De plus, dans l'hypothèse d'une

([2]) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1040; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **78**, 1931, p. 327; **80**, 1933, p. 561; **83**, 1936, p. 658.

([3]) HACKEL in HENRIQUES, *Bol. Soc. Broter.*, **20**, 1903, p. 145.

hybridation mendélienne, la disjonction devrait faire reparaître, dans les générations successives, une certaine proportion d'échantillons des deux types, au lieu des descendances uniformes que l'on observe ici.

Cependant, à deux reprises différentes, des lots de mes cultures se sont montrés conformes au type *macrantherus*, mais ils sont apparus dans des conditions insuffisamment précisées, qui permettent seulement de conclure que le climat parisien ne forme pas obstacle à l'apparition des caractères de cette espèce. Mais les grains provenant de ces échantillons macranthères de nouvelle formation ont encore fourni, comme ceux de La Baule, uniquement des descendants *rigidus*.

On retiendra néanmoins de ces observations que si *B. macrantherus* disparaît à chaque génération, puisque sa descendance immédiate est toujours uniformément constituée de *rigidus*, il existe vraisemblablement, par contre, un processus inverse, faisant réapparaître parallèlement, dans d'autres lignées, de nouveaux exemplaires macranthères, sans lien d'hérédité directe avec les précédents. Une sorte de *compensation statistique* pourrait donc s'établir entre ces deux phénomènes, au sein des populations naturelles, et aurait pour effet d'assurer la présence constante de l'espèce, comme on l'observe dans la nature. Mais on voit combien ce mécanisme diffère de celui qui préside ordinairement à la stabilité des espèces, celle-ci tirant son origine de la similitude héréditaire des descendants avec leurs parents.

Il faudrait sans doute rapprocher aussi ces résultats de ceux que j'ai obtenus, d'autre part, dans la reconstitution expérimentale de *B. Gussonei* Parl. par le croisement de *B. sterilis* L. comme ♀ avec *B. macrantherus* comme ♂ (¹). On sait en effet que *B. Gussonei* est polymorphe (2-3-andre, cléistogame ou chasmogame), alors que les deux géniteurs sont triandres et chasmogames, ce qui semblerait contradictoire si *B. macrantherus* était fixe, mais s'accorde au contraire avec les observations précédentes, faisant ressortir la complexité héréditaire de cette espèce.

De toute façon, le comportement héréditaire de *B. macrantherus*, tel qu'il ressort de mes expériences sur les exemplaires qu'on en trouve à La Baule, paraît déborder les cadres usuels de la génétique et de la systématique classiques, et cette espèce se présente comme un cas singulier, dont l'étude complète nécessitera sans doute de nouvelles recherches. Mais il me paraît utile de souligner dès maintenant ses principales particularités par des termes nouveaux, tels que celui de *mutation fugace*, pour indiquer son apparition brusque suivie de sa disparition à partir de F_1 ; et celui d'*espèce statistique*, par opposition avec le cas normal des espèces héréditaires, pour rendre compte de son maintien dans la nature par compensation statistique entre disparitions et néoformations parallèles dans des lignées différentes.

(¹) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 115.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur la biréfringence magnétique du virus mosaïque du Tabac.* Note (¹) de MM. **Pierre Manigault** et **Gabriel Segrétain**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les propriétés optiques des préparations de virus mosaïque du tabac ont retenu l'attention des biologistes, soit qu'ils aient étudié des suspensions préparées directement à partir de la sève des plantes malades, ou des liquides contenant des agrégats cristallins obtenus à partir du virus. Ils ont signalé deux cas où les liquides étudiés ont manifesté une biréfringence très nette : une *biréfringenee d'écoulement* observée notamment quand on les fait circuler dans un tube capillaire, et une *biréfringence électrique* qui apparaît sous l'action d'un champ électrique alternatif. Ces phénomènes ont mis hors de doute la présence dans les préparations de virus de particules de forme très allongée, et cette *anisométrie* a été confirmée par les observations au microscope électronique. Mais, comme Bawden l'a signalé à plusieurs reprises et même après les travaux récentes de Lauffer, on ne sait pas encore avec certitude si les particules sont *anisotropes*, c'est-à-dire si la substance qui les forme est par elle-même biréfringente. En effet, on pourrait avoir affaire à une biréfringence *de forme*, comme celle qu'on observe par exemple quand des particules isotropes, allongées, ont une orientation commune.

Nous nous sommes demandé si l'on ne pourrait pas aussi rendre biréfringente une préparation de virus mosaïque en la soumettant à l'action du champ magnétique. La biréfringence magnétique ne s'observe pas toujours dans les liquides qui présentent une biréfringence d'écoulement. Elle n'est pas non plus liée à l'existence de la biréfringence électrique. Elle dépend en effet d'une variation des propriétés magnétiques des substances avec la direction du champ, de leur *anisotropie magnétique* et non de leur *anisotropie électrique*. D'autre part, dans un champ magnétique bien uniforme, des substances diamagnétiques ne prennent aucune orientation privilégiée sensible, même si elles sont d'une forme allongée.

La préparation de virus mosaïque a été faite selon une méthode classique : Inoculation du virus sur *Nicotiana tabacum P* 19; feuilles prélevées un mois après l'inoculation, congelées et maintenues à — 15° C. jusqu'à extraction du jus de la feuille sans solvant par pressuration. Centrifugation (6000 t:m), addition d'une solution de phosphate disodique à 40^g par litre en volume égal à la moitié du volume initial. Après centrifugation le précipité est rejeté et l'on ajoute une solution saturée de sulfate d'ammonium. Cette fois c'est le virus qui précipite et on le centrifuge. On le dissout enfin dans un volume d'eau distillée égal au cinquième du volume initial.

La recherche de la biréfringence a été faite avec les appareils employés au Laboratoire pour la mesure de la biréfringence magnétique des liquides purs :

(¹) Séance du 23 décembre 1946.

on remplace la mesure de la biréfringence par la mesure d'un pouvoir rotatoire. On emploie un faisceau de lumière parallèle et monochromatique provenant d'un arc au mercure de préférence à haute pression. Il est polarisé de façon que les vibrations rectilignes produites sont inclinées à 45° sur l'horizontale. Ces vibrations pénètrent dans une cuve de 6cm de longueur placée dans l'entrefer de l'électroaimant. Les lignes de force du champ sont perpendiculaire à la direction du flux lumineux. La lumière émergente, polarisée elliptiquement, traverse une lame quart d'onde pour la lumière employée dont une des lignes neutres est orientée comme la vibration sortant du polariseur. Les vibrations redevenues rectilignes ont tourné d'un angle β que l'on mesure avec un analyseur à pénombre.

Lorsque l'expérience est faite dans le grand Électroaimant de Bellevue, avec des champs qui ont varié de 25000 à 47000 Gauss, on observe nettement l'existence d'une biréfringence magnétique positive. Elle croît proportionnellement à la concentration en virus (*fig.* 1). En fonction du champ, on

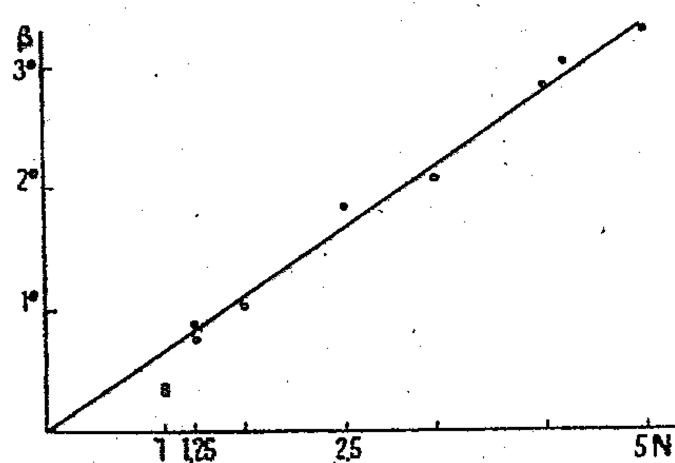


Fig. 1.

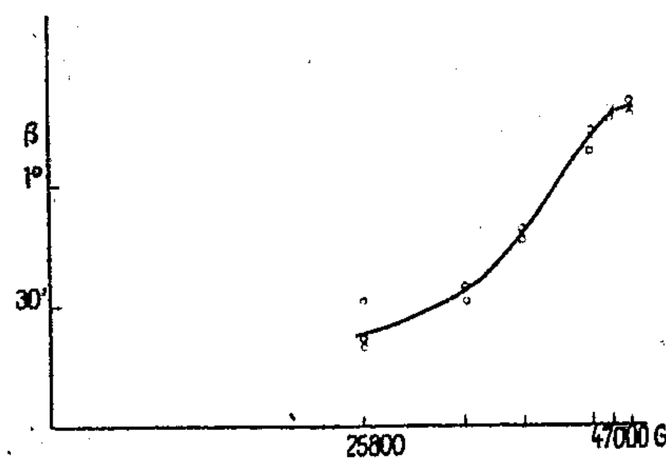


Fig. 2.

observe (*fig.* 2) qu'elle augmente avec lui, mais paraît indiquer l'approche d'une saturation. Dans ces figures, les ordonnées représentent les angles lus β qui sont proportionnels aux biréfringences (une biréfringence d'une longueur d'onde serait mesurée par une rotation de 180°).

Si l'on compare ce résultat à ceux de Lauffer sur la biréfringence électrique, on voit que les biréfringences magnétiques que nous avons mesurées sont beaucoup plus petites, mais on peut les mesurer mieux. Des déterminations plus précises préciseront la forme du début de la courbe. On s'est assuré par une inoculation sur *Nicotiana glutinosa* que les préparations employées n'avaient rien perdu de leur virulence au cours de l'expérience.

Un essai a été fait avec une préparation de cristaux de Stanley : par addition d'une solution de sulfate d'ammonium à l'une des préparations ayant servi aux mesures précédentes, on obtient une suspension ayant l'aspect chatoyant caractéristique. Elle manifeste une biréfringence magnétique beaucoup plus forte que celle de la préparation de virus mosaïque dont on était parti.

ANATOMIE EXPÉRIMENTALE. — *Modifications histologiques provoquées par les bourgeons se développant sur des prismes de* Crambe maritima *L.* Note de M. **Guy Camus**, présentée par M. Joseph Magrou.

Nous avons décrit précédemment ([1]) l'action morphogène qu'exercent les bourgeons d'Endive sur les tissus sous-jacents. Cette action est caractérisée par une dédifférenciation des tissus suivie d'une redifférenciation de formations conductrices.

Il nous a paru intéressant d'étendre nos observations à d'autres espèces, notamment au *Crambe maritima* L. dont les tissus, comme ceux de l'Endive, sont capables de bourgeonner et possèdent une polarité nette. Le rhizome du Crambe comporte, de l'extérieur à l'intérieur, une couche de liber assez mince, une zone génératrice continue, du parenchyme vasculaire dans lequel rayonnent des files de vaisseaux de gros calibre, et enfin quelques assises de parenchyme médullaire. A la limite du parenchyme vasculaire et de la moelle, on distingue de curieux nodules cribro-vasculaires possédant une disposition anormale; chacun de ces nodules comporte en effet, de l'extérieur à l'intérieur, quelques vaisseaux de grande taille et une ébauche de zone génératrice entourant quelques cellules criblées à membranes très épaisses.

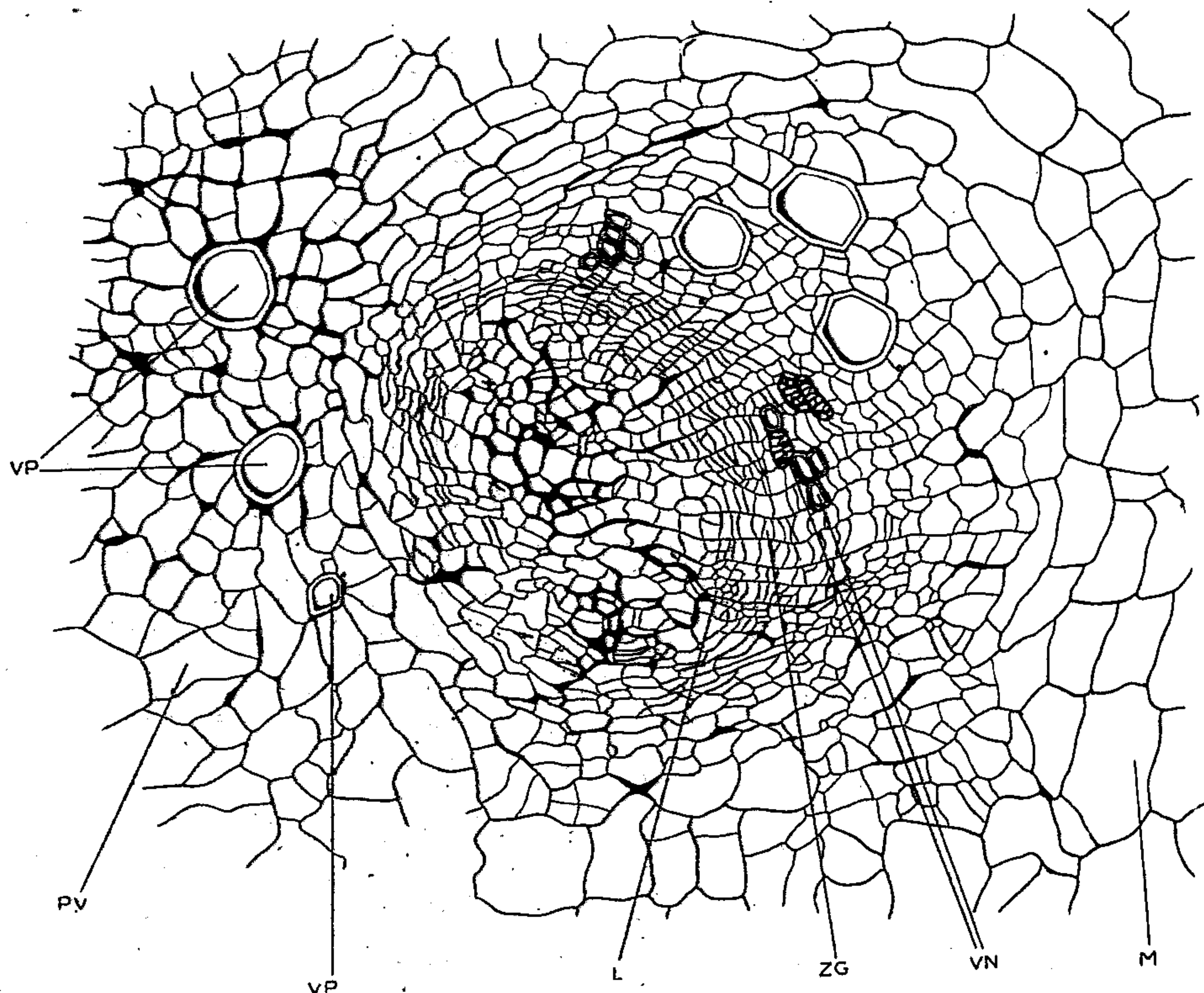
Nous avons cultivé des fragments de ces rhizomes longs de 2^{cm} environ, selon la technique de Gautheret, en plaçant hors du milieu, soit l'extrémité foliaire, soit l'extrémité radicale des explantats. La localisation, la vitesse de croissance des bourgeons et les modifications histologiques induites se sont révélées très différentes, selon que les ébauches foliaires étaient produites par l'une ou l'autre extrémité des prismes ensemencés.

Lorsque la face foliaire des prismes était placée en dehors du milieu, nous avons vu apparaître, cinq à six jours après la mise en culture, de très nombreux bourgeons sur l'emplacement de la zone génératrice, ainsi que dans la région située à la limite des parenchymes vasculaire et médullaire. L'examen de coupes anatomiques pratiquées à intervalles réguliers nous a montré que l'action inductrice des bourgeons produits par la zone génératrice se réduit à une prolifération locale de celle-ci, exactement en dessous des ébauches méristématiques. La région située à la limite du parenchyme vasculaire et de la moelle a été par contre le siège de phénomènes plus complexes; au cours de la culture, il est apparu au sein du tissu préexistant des plages dédifférenciées circulaires, présentant en leur centre quelques cellules à parois cellulosiques épaisses. Des ébauches de bourgeons se sont ensuite édifiées à partir de ces régions méristématiques néoformées ou à partir des formations cribro-vasculaires aberrantes préexistantes. Ces bourgeons ont agi sur les nodules dont ils

---

([1]) *Comptes rendus*, 219, 1944, pp. 34-36.

provenaient en provoquant la formation d'éléments cribro-vasculaires à leur périphérie. Nous avons constaté que cette différenciation induite ne se manifestait que dans le sens feuilles-racines et décroissait à partir du niveau de formation du bourgeon (*fig.*).



Plage dédifférenciée modifiée par l'action histogène d'un bourgeon.
M, parenchyme médullaire; P. V., parenchyme vasculaire; V. P., vaisseaux préexistants; V. N., vaisseaux néoformés sous l'action d'un bourgeon; Z. G., zone génératrice; L, liber.

Lorsque l'extrémité radicale des prismes était placée en dehors du milieu, nous avons observé des phénomènes différents. Celle-ci produisait un cal volumineux dans lequel se sont différenciées des ébauches de bourgeons, localisées au voisinage de la zone génératrice de l'explantat. L'étude anatomique de ces fragments nous a donné les résultats suivants : le cal comporte une plage libéro-ligneuse, de structure très complexe, analogue à celle qui a déjà été signalée chez l'Endive. Les bourgeons se sont formés à partir des régions dédifférenciées de ce cal, mais en aucun cas nous n'avons pu mettre en évidence une action sur les tissus sous-jacents, c'est-à-dire orientée dans le sens racines-feuilles.

En résumé, nous avons observé chez le *Crambe maritima* L. une action morphogène des bourgeons sur les tissus sous-jacents, se traduisant par la formation d'éléments conducteurs aberrants au sein d'un tissu préalablement

dédifférencié. Cette action est polarisée et ne s'exerce que dans le sens feuilles-racines. Ces résultats sont comparables à ceux que nous avons obtenus lors de l'étude du bourgeonnement des tissus d'Endive cultivés *in vitro*.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *L'appendice vrai et le faux appendice du cæcum. Définition de l'appendice cæcal.* Note ([1]) de M. **Frédéric Gluckmann**, présentée par M. Paul Portier.

L'appendice classique est un compromis entre l'appendice véritable et la totalité des diverticules plus ou moins effilés du cæcum.

Les auteurs sont, en effet, presque unanimes à considérer le cæcum, ses diverticules et l'appendice véritable comme un seul et même organe plus ou moins remanié dans sa conformation extérieure (cæcum *amplius totale*, cæcum *angustius totale* et cæcum *angustius distale* des auteurs allemands, ce dernier englobant aussi, sans distinction aucune, l'appendice).

En réalité, les critères morphologiques seuls sont insuffisants pour caractériser l'appendice et le différencier du cæcum, qui peut affecter dans la série des Vertébrés, et particulièrement chez les Mammifères, une conformation très diverse; il peut être volumineux ou réduit, arrondi ou conique, pointu ou recourbé en crochet, effilé ou terminé en diverticule (*fig.* 1-10).

Cependant, malgré sa grande diversité de formes, le cæcum garde toujours la même signification fonctionnelle d'un réservoir alimentaire ayant un rôle digestif complémentaire et où les aliments subissent une stagnation.

La différence entre l'appendice vrai et les diverticules effilés du cæcum consiste donc précisément dans la *perméabilité* de ces derniers, et dans leur *accessibilité* pour les matières alimentaires.

Un exemple typique de diverticule cæcal est le prétendu appendice du Lapin, qui, malgré sa forme effilée, conserve tous les attributs du cæcum. En effet :

1° la portion proximale, large, du cæcum du Lapin, longue de plus d'un demi-mètre, et sa portion distale, diverticulaire (sorte de plaque de Peyer accessoire tubulaire), *communiquent largement* entre elles;

2° les aliments ont *libre accès* jusqu'à la pointe du diverticule (*fig.* 11); pendant les périodes de réplétion de ce dernier, la transition entre les deux portions est peu marquée; dans les intervalles de contraction et de vacuité du diverticule, il ressemble grossièrement à un appendice véritable;

3° de son produit de sécrétion, débité à raison de 1^{cm^3} par heure (Roger et Josné), on a isolé *des diastases actives* : une cellulase dans un extrait glycériné (Mac Gillawry) et une amylase (Funke);

([1]) Séance du 9 décembre 1946.

4° sa résection provoque *des troubles digestifs* (Portier), ainsi que sa régénération subséquente sous la forme d'une hyperplasie *folliculaire* massive (phénomène qui coïncide avec *l'amélioration* des troubles digestifs initiaux).

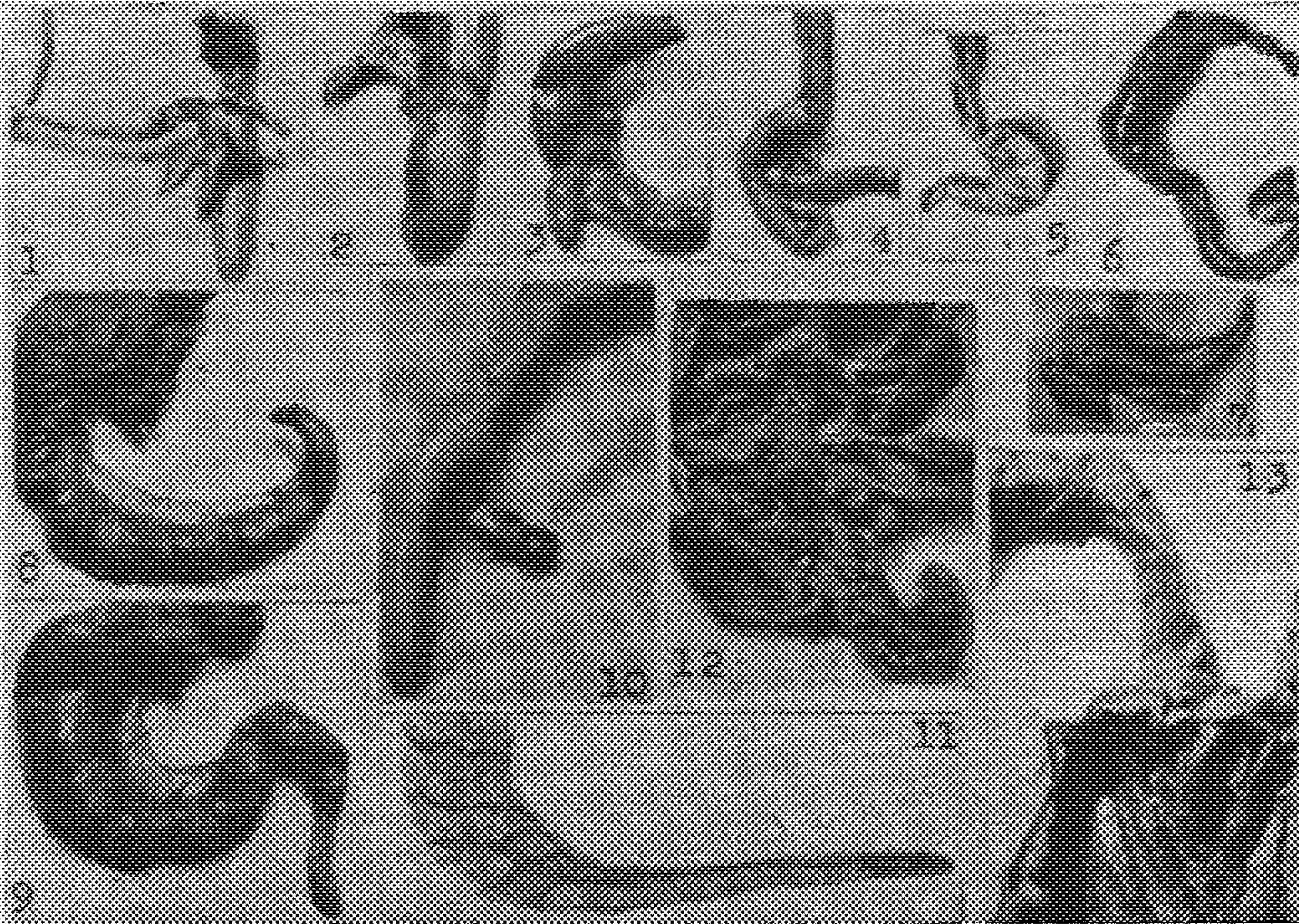


Fig. 1. Type de cæca effilés (triples, dits pyloriques) d'un Vertébré inférieur (*Perca fluviatilis*, Perche). — Fig. 2. Cæcum d'Antilope. — Fig. 3. Cæcum de Lion nouveau-né. — Fig. 4. Cæcum de Mangouste (*Herpestes ichneumon*). — Fig. 5. Cæcum de Chauve-souris (*Pteropus edulis*). — Fig. 6. Cæcum de *Menobranchus lateralis*. — Fig. 7. Cæcum de Tapir. — Fig. 8 et 9. Deux types de cæca diverticulisés de Primates inférieurs (*Lemur catta* et *Lemur macaco*). Pas de bandelettes; (environ 1/3 ×). — Fig. 10. Cæcum et côlon ascendant de Kangourou (*Macropus dorsalis*). Le cæco-côlon droit du Kangourou est très mobile autour d'un mésentère ample, *commun avec la masse intestinale*, inséré le long de la colonne vertébrale. — Fig. 11. Coupe longitudinale du faux appendice du Lapin. A gauche, extrémité inférieure de la portion proximale de son cæcum (avec sa vaste valvule muqueuse spiralée). La cavité du diverticule est très ample, perméable jusqu'à la pointe, et son embouchure *largement béante*; ses parois, très épaisses, sont constituées presque en totalité par des follicules agglomérés, (environ 1/3 ×). — Fig. 12. Coupe frontale du cæco-appendice du Gibbon (*Hylobates agilis*), jeune individu, 65cm de taille. Appendice très différencié; canal virtuel, parois à musculature prépondérante, valvulation muqueuse nette de l'orifice; (environ 3/4 ×). — Fig. 13, Aspect de la valvule de l'appendice du Chimpanzé (*Troglodytes niger*), vieux mâle. (Cette pièce, ainsi que celles des figures 1-10 et 12 ont été préparées au Laboratoire d'Anatomie comparée du Muséum d'Histoire Naturelle). Dans la figure 13, on distingue les deux paires de valves superposées qui forment la valvule appendiculaire; histologiquement, elle est constituée par un support musculaire et le revêtement muqueux. La fermeture de l'orifice est hermétique, la valvule jouant surtout passivement, à la manière d'une soupape; (environ 5/6 de la grandeur naturelle). Photographies d'après nature.

L'appendice vrai, par contre, présente des caractères et des réactions complètement opposés, qui le séparent fondamentalement des diverticules cæcaux : 1° l'appendice vrai n'admet qu'*accidentellement* des matières dans sa cavité;

2° les matières provoquent très souvent *des lésions* à sa muqueuse;

3° l'appendice vrai présente des mouvements *d'expulsion* en leur présence;

4° son orifice est pourvu *d'une valvule* (*fig.* 13 et 12), destinée à fermer leur accès.

L'appendice vrai ne peut être défini valablement que si l'on tient compte de trois notions morphologiques inséparables : 1° existence *de bandelettes musculaires*, qui lui fournissent une couche continue; 2° *fixité du côlon droit* (²), qui le fait solidaire des positions du corps; 3° *position verticale* du corps. Sa définition spécifique pourrait donc être énoncée de la manière suivante :

Organe neuromusculaire né de la différenciation excentrique du substratum de l'automatisme cæcal primitif hypertrophié (³), *chez des êtres présentant un côlon droit fixe pourvu de bandelettes musculaires, et ayant adopté une attitude bipède, qui a imprimé à ce segment de côlon une direction ascendante.*

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *La substance photochimique des cônes rétiniens et la théorie des sensations colorées.* Note de M. Aron Polack, présentée par M. Armand de Gramont.

Depuis 1876, époque où Boll a découvert le pourpre rétinien, logé dans l'article externe des bâtonnets, il était à présumer qu'une subtance photochimique analogue devait se trouver également dans les cônes. Les recherches entreprises dans cet esprit ont abouti en 1938 à un résultat positif; elles ont permis d'extraire une telle substance des rétines ne contenant que des cônes.

Wald l'a dénommée *Iodopsine*. Examinée en solution éthérée par Hossoya au spectroscope, elle a montré un maximum d'absorption dans le jaune, à l'endroit le plus lumineux du spectre, et deux maxima secondaires moins nets, l'un dans le rouge, l'autre dans le bleu.

Studnitz en a conclu que les trois maxima indiquaient les trois couleurs fondamentales de la théorie trichromatique et la confirmaient par conséquent. Cette conclusion ne saurait être acceptée; elle est contraire aux données expérimentales, aux faits d'optique physiologique. Les trois couleurs fondamentales de la théorie trichromatique sont, par définition, trois couleurs choisies dans le spectre, telles que leur mélange reconstitue la sensation de la lumière blanche. Avec les couleurs proposées par Th. Young ou celles adoptées par Clerc Maxwell, on obtient parfaitement ce résultat, tandis qu'avec le rouge, le jaune et le bleu de Studnitz, il est impossible de l'atteindre.

En effet, le jaune et le bleu étant des couleurs complémentaires, leur mélange peut donner la sensation de blanc, mais le rouge, en s'y ajoutant en tant que troisième fondamentale, la transforme complètement,

Une autre condition des trois fondamentales, laquelle n'est jamais entièrement satisfaite dans la pratique, est de reproduire les couleurs intermédiaires du

(²) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1183.

(³) *Ibid.*, 223, 1946, p. 517.

spectre par des mélanges binaires; or, il est facile de prévoir et de s'assurer, à l'aide d'un disque tournant ou d'un appareil spectral, que le mélange de jaune et de bleu peut, suivant le dosage, donner la sensation de blanc, de blanc jaunâtre ou de blanc bleuté, mais jamais celle de vert.

Voici d'ailleurs l'avis de Helmholtz à ce sujet [1].

« Il n'existe pas trois couleurs simples dont le mélange reproduise même passablement les couleurs intermédiaires du spectre; les couleurs spectrales paraissent toujours bien plus saturées que les couleurs composées. Le rouge, le jaune et le bleu sont précisément les moins propres à obtenir cet effet, car si l'on prend pour bleu une nuance se rapprochant de celle du ciel et ne tirant pas sur le vert, le mélange de ces deux couleurs ne permet jamais d'obtenir du vert; si l'on prend un jaune et un bleu verdâtres, on n'obtient qu'un vert très blanchâtre. On ne pouvait choisir ces trois couleurs qu'alors que l'on croyait qu'à l'exemple des matières colorées, le mélange de la lunière bleue avec la lumière jaune donnait du vert ».

Maxwell arrive expérimentalement aux mêmes résultats.

Dans ces conditions, il est impossible d'admettre comme fondamentales les trois couleurs, rouge, jaune et bleu, correspondant aux trois maxima d'absorption de la substance photochimique des cônes et de prétendre que la découverte de cette substance apporte une démonstration, une confirmation de la théorie trichromatique; bien au contraire, cette découverte permet de l'écarter définitivement. En effet, elle nous apprend qu'au sein même de la cellule nerveuse, dans le cône rétinien lui-même, se trouve une substance qui réagit différemment aux diverses radiations du spectre, et rien ne s'oppose à admettre que les principales de ces réactions soient transmises au cerveau et par leurs combinaisons déterminent nos diverses sensations colorées.

La théorie trichromatique [2], émise *sous toutes réserves* par Thomas Young en 1801 et restée jusqu'ici sans confirmation malgré les efforts et la notoriété de ses adeptes, sera ainsi remplacée par une théorie penta ou oligo-chromatique, laquelle se trouvera en accord complet avec les faits et subira avec plein succès toutes les épreuves, toutes les vérifications expérimentales.

Une étude avec un appareil spectral, dont le colorbox de Maxwell est le prototype, permettra de préciser davantage cette question et fera l'objet d'une Note ultérieure.

---

(1) *Optique physiologique* (traduction française 1867), p. 380.

(2) Helmholtz, à qui Studnitz attribue la théorie trichromatique, écrit : « La théorie des sensations colorées de Th. Young est restée inaperçue, comme tant d'autres choses que ce merveilleux chercheur a trouvées, en devançant son époque, jusqu'à ce que mes recherches et celles de Maxwell aient attiré l'attention sur cette théorie ». (*Optique physiologique*, 1867, p. 408.)

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Essai d'alimentation artificielle du Doryphore adulte* (Leptinotarsa decemlineata *Say*). Note de M. **Pierre Grison**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les résultats obtenus par Trouvelot ([1]) concernant les principes gustatifs contenus dans le feuillage de Pomme de terre, et nos constatations ([2]) sur la valeur qualitative, pour *L. decemlineata* (Col. Chrysomelidæ), de ce feuillage, prélevé à différents états physiologiques, nous ont amené à aborder l'essai d'alimentation artificielle de cet Insecte.

La technique actuellement utilisée par nous consiste à imbiber des rondelles de moelle de sureau, de $0^{mm},2$ d'épaisseur, d'une solution aqueuse à 20 % de glycérine, puis à les saupoudrer de substances passées au moins au tamis n°120. Celles-ci peuvent être soit de la poudre de feuille de Pomme de terre, obtenue par dessiccation à 100°, soit divers produits biochimiques. Les rondelles, souvent découpées en carrés de 1^{cm} de côté pour faciliter l'appréciation des surfaces consommées, sont placées verticalement dans la fente d'un morceau de pâte à modeler; un coton humide est mis à la disposition de l'Insecte pour permettre à celui-ci de s'abreuver.

Les essais ont été faits avec des adultes d'été, prélevés peu de jours après la mue imaginale; les insectes furent nourris jusqu'à l'enfouissement qui précède la diapause ([3]). Les témoins d'essais antérieurs ont consommé, en 10 jours, avant l'enfouissement, $4\,000^{mm^2}$ de feuillages frais, représentant approximativement 20^{mg} de matières sèches par jour.

Dans le témoin de l'expérience relatée ici, conduite en septembre 1946, quatre Insectes, recueillis dans la nature, environ deux ou trois jours après leur sortie de nymphose, ont consommé approximativement $6\,000^{mm^2}$ de feuillage de jeunes repousses de Pomme de terre. Huit jours après, deux d'entre eux entraient en diapause et les deux autres mouraient. Leur consommation quotidienne individuelle avait été de 9^{mg} en matière sèche (100^{mm^2} de feuillage).

Les résultats obtenus avec les divers aliments offerts sur la moelle de sureau sont les suivants :

1° *poudre de feuilles jeunes de Pomme de terre :* consommation quotidienne maximum d'un individu : 16^{mg} de matière sèche; 7 adultes, sur 13 mis en expérience, se sont enfouis pour la diapause;

2° *poudre de feuilles additionnée d'une goutte d'extrait attractif* de feuille, obtenu par *Chauvin* ([4]) : consommation indivuelle, 24^{mg}; 5 adultes sur 11 se sont enfouis;

3° *mélange semi-synthétique* composé de 10 parties de poudre de feuilles, 10 p. de fécule, 10 p. de glucose, 4 p. d'asparagine, 2 p. de cholestérol, 1,5 p. de

([1]) *Ann. des Épiph.*, **2**, I, 1936, p. 51.
([2]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 295.
([3]) L'enfouissement traduit l'achèvement de la phase imaginale de croissance.
([4]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 713.

leucine, 0,5 p. d'acide nucléique : consommation individuelle, 16^{mg}; 7 adultes sur 8 se sont enfouis.

4° *deuxième mélange semi-synthétique*, comprenant 1/2 de poudre de feuille, 1/5 de fécule, 1/5 de glucose et 1/10 d'asparagine : consommation individuelle, 22^{mg}; 6 adultes sur 8 se sont enfouis;

Les poids de matière sèche consommée indiqués ci-dessus correspondent à l'ingestion d'environ 100 à 200$^{mm^3}$ de moelle de sureau.

Les Insectes, placés en présence d'une rondelle témoin de moelle de sureau imbibée d'eau glycérinée, ont attaqué au maximum, par jour et par individu, 3 à 6$^{mm^3}$ de moelle; par contre, leur attaque s'est élevée à 25$^{mm^3}$ lorsqu'on ajoutait de l'extrait « attractif », ce qui confirme les conclusions de Chauvin; malgré une longue résistance au jeûne (jusqu'à 20 jours), aucun animal n'a survécu dans les deux cas. Il en fut de même avec une alimentation composée exclusivement de fécule, bien que l'attaque quotidienne maximum ait été de 40 à 60$^{mm^3}$, représentant environ 6^{mg} de produit, et de 90 à 100$^{mm^3}$, représentant 11^{mg}, lorsque la fécule est offerte avec une goutte d'extrait. Les résultats sont identiques si l'on rempace la fécule de Pomme de terre par l'amidon de Blé.

Il y a donc possibilité d'accroître quantitativement, par un régime semi-synthétique, la ration nutritive du Doryphore adulte. La concentration de ce régime en éléments « plastiques » apporte vraisemblablement une amélioration qualitative, puisque la proportion d'insectes capables de s'enfouir pour l'hibernation est accrue. Parmi ces substances, les glucides (glucose et saccharose) ont été les plus efficaces dans les essais préliminaires réalisés en 1945. Certes, il n'a pas été encore possible d'éliminer un volant de poudre de feuille de Pomme de terre, dans la constitution d'un régime alimentaire artificiel pour le Doryphore adulte, mais cette perspective n'est pas exclue dans un avenir prochain.

En conclusion, malgré les difficultés inhérentes au régime phyllophage de *L. decemlineata*, il est possible d'obtenir une meilleure survie et une consommation plus forte de l'imago, depuis l'apparition jusqu'à la diapause, en lui offrant une alimentation semi-synthétique.

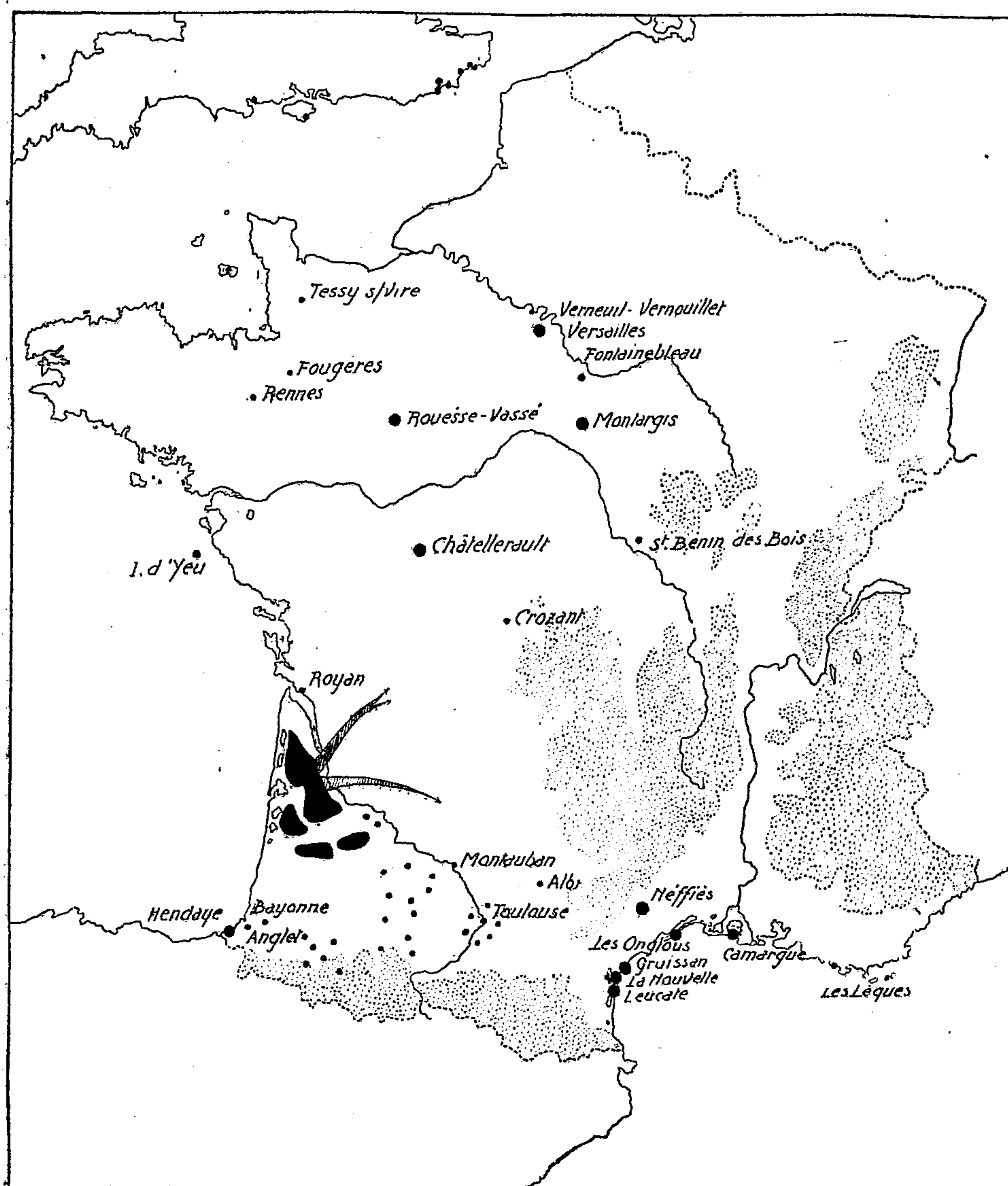
ÉCOLOGIE. — *Captures remarquables de Criquets migrateurs (Locusta migratoria L.) de la phase grégaire faites isolément en France en* 1946. Note [1] de MM. **Jacques d'Aguilar, Lucien Chopard** et **Georges Remaudière**, présentée par M. Émile Roubaud.

La forme sédentaire du Criquet migrateur (*Locusta migratoria* L., ph. *solitaria*) est répandue dans presque toutes les régions de France situées au sud de la Loire. Elle y est plus ou moins commune mais se rencontre tous les ans de façon régulière.

Tout autre est le cas de la forme migratrice (ph. *gregaria*). Jusqu'à ces der-

(1) Séance du 9 décembre 1946.

nières années, les captures de celles-ci pouvaient être considérées comme tout à fait exceptionnelles, sauf en ce qui concerne celles qui ont été signalées



Points de capture de *Locusta migratoria* L. ph. *gregaria* en 1946.
(Les plus gros points indiquent les localités où plus de 5 individus ont été observés.)

en 1858 : des bandes considérables de larves et des nuées d'adultes furent observées durant le mois de juillet aux environs de Bourg-d'Oisans et dans le Valais. Les autres captures se réduisent, en fait, à un petit nombre de cas isolés : quelques individus près de Sceaux et sur les fortifications de Paris, en 1848; un seul individu à Bueil (Eure) en 1932.

Au cours de l'année 1946, un nombre relativement très élevé de grégaires furent capturés çà et là en dehors des régions atteintes par les vols de migration

denses issus de la région landaise ([2]). Ces points d'observation se répartissent en deux zones semblant contourner le Massif Central et situées, l'une au nord et nord-est du foyer landais, l'autre à l'est. M. B. P. Uvarov ([3]) a bien voulu nous faire savoir qu'une dizaine de captures ont été faites également en Angleterre cette année.

La distribution générale de ces points de capture (voir Carte) milite en faveur d'une origine landaise.

Une meilleure preuve nous a été fournie par l'étude biométrique comparée des criquets landais d'une part, des grégaires capturés çà et là, en France et en Angleterre, d'autre part. Notamment, les valeurs limites et moyennes de la longueur élytrale et du rapport élytre-fémur sont en parfaite concordance.

Par contre, on note une grande différence entre les captures actuelles et les rares grégaires récoltés antérieurement en France, à Bueil et à Sceaux, dont la longueur élytrale est beaucoup plus forte. Ces derniers appartiennent à la sous-espèce *Locusta migatoria* L., de Russie méridionale, comme d'ailleurs tous les grégaires capturés dans les Iles Britanniques avant 1946.

En conclusion, un nombre exceptionnel d'individus, isolés ou en petits groupes, de *Locusta migratoria* L. ph. *gregaria* a été trouvé en 1946 sur notre territoire.

Tous ces individus sont des émigrés de l'aire grégarigène du Sud-Ouest comme ceux trouvés parallèlement dans les Iles Britanniques. Ils ont les mêmes caractéristiques biométriques.

Leur dispersion exprime le morcellement et même la pulvérisation des grandes « nuées de Sauterelles » formées dans le sud-ouest de la France.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Note sur le traitement de la trypanosomiase par injections intraveineuses d'arséniate d'argent.* Note de M. **André Pierron** ([1]).

A la suite de travaux personnels sur l'injectabilité des sels insolubles, nous avons étudié particulièrement l'action de l'arséniate d'argent dans la trypanosomiase chez nos malades de la région de Tchibanga (Gabon) en 1945, et avons constaté les faits suivants :

1° *disparition des trypanosomes* du 5e au 8e jour en moyenne;

2° *fonte rapide des chaînes ganglionnaires* (8 jours pour les chaînes de ganglions de la grosseur d'un pois, 15 jours pour les ganglions de la grosseur d'une noisette). Disparition complète des chaînes ganglionnaires à la fin du traitement (soit 30 jours).

([2]) Par « région landaise » nous comprenons l'ensemble des foyers des départements de la Gironde et des Landes. G. Remaudière, *Faits écologiques nouveaux sur le Criquet migrateur dans les Landes de Gascogne* (*Comptes rendus*, 224, 1947, p. 68).

([3]) *Migratory locust in England*, 1946 (sous presse).

([1]) Document retiré du pli cacheté n° 12132, déposé le 21 janvier 1946, ouvert à la demande de l'auteur le 6 janvier 1947.

Dès le 5ᵉ jour, l'empâtement péri-ganglionnaire a disparu; puis les ganglions, bien séparés, deviennent fermes à la palpation, le suc ganglionnaire perd sa viscosité, devient clair, enfin les ganglions disparaissent.

3° *Relèvement rapide de l'état général,* très sensible à partir du 8ᵉ jour, même chez les cachectiques et disparition des signes cliniques.

Voici quels sont nos *résultats globaux :*

1° NT *en période lymphatico-sanguine :* nombre de traités 48, guéris 48;

2° NT *en période nerveuse :* nombre de traités 19, guéris 19;

3° AT. Les résultats fournis chez les AT en période nerveuse, mais sans qu'on puisse retrouver le trypanosome, ont été bons : la formule rachidienne revenant à la normale après traitement et l'état clinique étant très amélioré. Nous devons cependant signaler 2 demi-échecs.

a. Amaurose chez un AT traité par tryparsamide. Période nerveuse, mauvais état général. Mis en traitement par 30 injections d'arséniate d'argent, les résultats furent : bon état général, récupération d'une partie de la vision; le malade voit des ombres. Ponction lombaire normale.

b. Chorée chronique chez un AT : tous examens négatifs. Le traitement à l'arséniate d'argent permet d'obtenir une nette amélioration, mais en fin de traitement, il subsiste des mouvements chroniques limités du bras gauche et de certains muscles faciaux.

c. A. T. *datant de* 5 *ans.* — A reçu une centaine d'injections de trypanocides divers. A l'examen, rien; mauvais état physique, confusion mentale.

Le traitement par l'arséniate d'argent donne des résultats excellents : disparition de la confusion, bon état général, lorsqu'au 25ᵉ jour, alors que la malade semblait hors de danger, apparaît un syndrome curieux, caractérisé par une logorrhée remarquable et des douleurs de type polynévritiques. La malade finit par mourir sans avoir présenté de sommeil.

d. Enfin, A. T. *réinfectés* ou chez qui on trouvait le trypanosome à intervalles réguliers ont été rapidement stérilisés.

Méthode. — Nous employons l'arséniate d'argent à très faibles doses (doses près de 100 fois moins fortes que les trypanocides habituels) en injections intraveineuses. Les injections doivent être quotidiennes. Le traitement dure un mois (30 injections).

Avantages de la méthode. — L'arséniate d'argent ainsi employé :

1° agit aussi bien à la période lymphatico-sanguine qu'à la période nerveuse;

2° ne produit pas d'amaurose;

3° agit à très faible dose;

4° ne provoque pas d'intolérance et la guérison survient progressivement, tous les signes cliniques, anatomo-pathologiques et parasitologiques disparaissant en même temps;

5° a guéri toutes les arséno-résistances qui lui ont été affectées;

6° enfin le traitement de la trypanosomiase par injections intraveineuses d'arséniate d'argent dure un mois.

La séance est levée à 16ʰ20ᵐ. A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 JANVIER 1947.

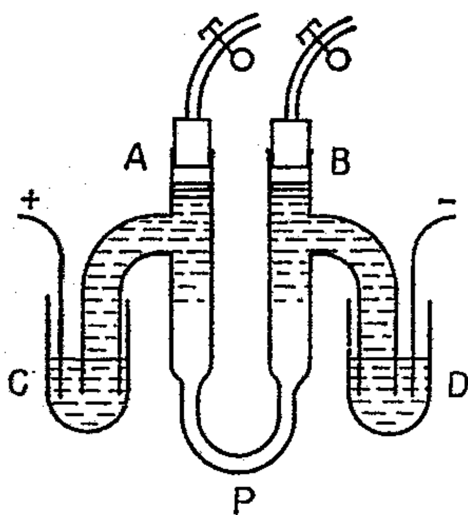
PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉLECTROCHIMIE. — *Mise en solution des sels peu solubles par électrolyse.* Note (1) de M. **Pierre Jolibois.**

Dans une Note précédente (2) j'ai montré que l'électrolyse fournissait une méthode pour séparer quantitativement les bases et les acides des sels dans certaines circonstances qui ont été précisées. On peut appliquer la même méthode aux électrolytes très dilués qui prennent naissance lorsqu'on met en présence d'eau pure des sels peu solubles.



L'appareil employé est formé d'un tube en U dont le diamètre est plus étroit à la partie inférieure en P. C'est dans cet endroit que l'on place le sel à dissoudre. Au début de l'expérience on remplit l'appareil d'eau pure par aspiration en A et B. Les branches latérales au tube en U, AC et BD amènent les acides et les bases respectivement dans les vases C et D où sont placés des fils de platine qui font circuler dans l'appareil un courant continu sous haute tension.

(1) Séance du 23 décembre 1946.

(2) *Comptes rendus,* 224, 1947, p. 78.

Grâce à ce dispositif, la solution saturée qui se forme en P est extraite d'une façon continuelle et concentrée en C et D sous forme d'oxyde basique et d'oxyde acide. L'opération est donc équivalente non seulement à un lavage avec une grande quantité d'eau, mais encore à une séparation de l'électrolyte dissous en ses éléments acides et basiques.

J'ai employé cet appareil à résoudre facilement certains problèmes analytiques. En quelques heures du picrate de potassium est ainsi transformé en acide picrique et en potasse que l'on retrouve respectivement dans les vases C et D.

Des composés extrêmement peu solubles comme le phosphate bicalcique anhydre, les métaphosphates de potassium, le carbonate de calcium passent de cette manière en solution en mettant en jeu une quantité d'eau de l'ordre de 50^{cm^3}.

On conçoit le parti à tirer de cette méthode pour apprécier les éléments qu'une substance utilisée comme engrais doit céder au sol sous l'influence de lavages prolongés.

De mêmes les ciments peuvent de cette façon être examinés relativement à leur tenue à l'eau douce et analysés quant à leur teneur en produits peu solubles.

En évitant, par un refroidissement approprié de l'appareil, l'échauffement par effet Joule des branches AC BD et des vases C et D, on saisit les acides sous la forme où ils existaient à l'état de combinaison dans les sels. On peut ainsi espérer, par exemple, isoler les différentes formes de l'acide métaphosphorique. La limite d'emploi de la méthode semble atteinte avec des sels de l'ordre d'insolubilité de celle du sulfate de baryum. Au moyen de 70^{cm^3} d'eau j'ai solubilisé 50^{mg} de sulfate de baryum en 36 heures avec un courant de 2 mA sous 1400 volts. La quantité d'eau ainsi employée est environ le 1/700 de celle qui correspond à la dissolution directe.

PÉTROGRAPHIE. — *Reproduction artificielle sous pression élevée de la cassitérite, de la topaze, du corindon, de la cryolite et de la chiolite.* Note de MM. **Albert Michel-Lévy** et **Jean Wyart.**

Pour faire suite aux essais de synthèse qui nous ont conduits à mieux connaître les conditions de genèse de certains minéraux du granite, sous l'influence des hautes pressions d'eau et de gaz, nous avons pensé qu'il pourrait être intéressant de poursuivre des recherches de reproduction artificielle des minéraux accompagnateurs des granites, granulites et pegmatites. Parmi eux, notre choix a porté d'abord sur la cassitérite et les minéraux fluorés tels que la topaze qui l'accompagnent fréquemment. Cinq essais ont été faits, partant tous de produits chimiques, l'un accompagné d'un débris de roche, la température

ayant été échelonnée entre 455 et 680°, les durées de recuit sous haute pression ayant été d'environ 10 jours; les pressions ont été de l'ordre de 4000^{kg} par centimètre carré.

Ce sont principalement les diagrammes de rayons X qui ont permis de préciser de façon certaine les déterminations. Les études au microscope polarisant, et en particulier les mesures d'indices, ayant apporté des contrôles et des confirmations.

Une première série d'expériences a été réalisée en vue de reproduire synthétiquement la topaze $Al_2SiO_4F_2$.

Un premier essai avec le mélange fluorine CaF_2 (0^g,7), alumine amorphe Al_2O_3 (1^g,02), verre de silice (0^g,6) et eau (1^g,5), a montré au bout de 9 jours, à 550°, une légère attaque de la fluorine et la cristallisation de l'alumine en *corindon* sous forme de grains de l'ordre du micron.

Un deuxième essai, avec comme mélange initial, fluosilicate de sodium Na_2SiF_6 (0^g,8), alumine amorphe (0^g,5), verre de silice (0^g,5), eau (1^g,5), ne nous a permis de reconnaître, au bout d'un recuit de dix jours à 455°, que du *quartz* décelé par un spectre de rayons X.

Un troisième essai, ayant duré neuf jours à 500°, a été beaucoup plus fructueux. Il portait sur le mélange fluosilicate de sodium (2^g,07), alumine amorphe (1^g,13), eau (1^g). La pression était fournie par l'explosion de 2^g,14 d'hexogène. Nous avons identifié à l'ouverture de la bombe, la *topaze* $Al_2SiO_4F_2$ en cristaux aciculaires de 30 à 40 microns de longueur, larges d'environ 3 microns, fournissant un spectre de rayons X tout à fait caractéristique; la *cryolite* Na_3AlF_6 en cristaux isométriques ayant 20 à 30 microns; le *quartz* en petits prismes bipyramidés, en faible quantité, bien que nous n'ayons pas mis dans cet essai d'excédent de silice.

Dans une deuxième série d'essais, nous avions pour but de faire cristalliser simultanément la cassitérite SnO_2 et la topaze.

Une première expérience de dix jours à 500° a porté sur le mélange fluosilicate de sodium (1^g,38), alumine (0^g,75), chlorure d'étain $SnCl_2$ (1^g,41), eau (1^g). Nous avons trouvé, étroitement associées, la *cassitérite* en tout petits grains et en cristaux de l'ordre de 15 microns, identifiés par le spectre de rayons X, la topaze identique à celle déjà obtenue, la cryolite en cristaux atteignant le demi-millimètre, et une faible quantité de feldspath.

Une deuxième expérience de même durée, à la même température, comportait un mélange un peu plus riche en alumine que le précédent et un excès de silice sous la forme d'un fragment de grès quartzeux placé au fond du tube.

Avec la topaze et du quartz néogène, nous avons eu la surprise de trouver en haut de l'enceinte, donc formés par sublimation, des cristaux gemmiformes, atteignant parfois le millimètre, sur lesquels il a été possible de faire des mesures d'indice, de densité, des paramètres cristallins par des diagrammes de

cristal tournant, ce qui nous a permis d'identifier la *chiolite* $Na_5Al_3F_{14}$ quadratique, qui s'est formée au lieu de la cryolite qui l'accompagne généralement, sans doute parce que les produits de départ étaient plus riches en alumine.

L'intérêt de ces expériences n'a pas été seulement de reproduire au laboratoire différents minéraux, et en particulier la topaze dont la synthèse, bien que signalée, n'a jamais été démontrée; il réside surtout dans la cristallisation simultanée de ces minéraux, comme on les trouve associés dans les roches, et dans des conditions de température et de pression qui sont sans doute celles de leur formation à l'état naturel. Nous rappellerons ici quelques gisements (cassitérite, topaze, cryolite, chiolite) dans le granite : près de Miask dans l'Oural, à Ivitgut au Groënland; en France, cassitérite et topaze de la Villeder (Morbihan), de Montebras (Creuse), de Framont dans les Vosges.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie d'un volume intitulé *L'Optique électronique*, publié par les Éditions de la Revue d'Optique. Ce volume contient le compte rendu des exposés et des discussions sur l'optique électronique qui ont eu lieu à l'Institut Henri Poincaré au printemps de 1945. Dû à la collaboration des principaux spécialistes français de cette question et contenant de belles reproductions des clichés obtenus par eux, l'ouvrage met en valeur les contributions importantes que la France commence à apporter dans cette branche nouvelle de la Science.

M. **Émile De Wildeman** fait hommage à l'Académie d'une collection de tirages à part relatifs à des questions de botanique.

M. **Selman A. Waksman** fait hommage à l'Académie d'une Note intitulée *Sergei Nikolaevitch Winogradsky, September* 1, 1856-*August* 31, 1946. *The Story of a Great Bacteriologist*, extraite de la revue *Soil Science* et publiée à l'occasion du quatre-vingt-dixième anniversaire de M. **Winogradsky**.

M. **Dimitri Nicolaïevitch Prianichnikov** fait hommage à l'Académie de son Ouvrage, *L'Azote dans la vie des plantes et dans l'agriculture de l'U.R.R.S.* (imprimé en langue russe).

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau de l'Académie deux Ouvrages : 1° le tome II d'un Recueil des *Œuvres* de Ivan Pavlov; 2° le tome VIII des *Œuvres inédites* de Charles Darwin (imprimés en langue russe).

CORRESPONDANCE.

Le **Conseil général du Var** adresse des condoléances à l'occasion du décès de M. *Paul Langevin*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Pierre-J. Richard. *Théorie et pratique des opérations d'assurance. Précis de technique actuarielle.* Tome I, *Généralités, Assurances sur la vie.* Tome II, *Assurances diverses.*

2° Georges Bryssine. *Étude expérimentale de l'irrigation du sol des Beni-Amir.*

3° Georges Bryssine, Georges Grillot et Louis Virelizier. *Étude préliminaire des sols et des aptitudes agricoles du périmètre irrigable des Triffa.*

4° Ezras Asratovitch Asratian. *Ivan Petrovitch Pavlov* (en langue russe).

5° Alexis Nicolaïevitch Krylov. *Pafnoutiy Livovitch Tchebichef* (en langue russe).

6° S. M. Dobrogaev. *Charles Darwin* (en langue russe).

7° Renzo Pucci. *Découvertes de science (et pensées de philosophie).*

8° Association française pour l'avancement des sciences. 64ᵉ Session. *Paris. Congrès de la Victoire.* Tome I.

Il signale également un Ouvrage polycopié :

Maurice Allais. *A la recherche d'une discipline économique.* Première partie : *L'Économie pure.* Tome I et Annexes.

THÉORIE DES NOMBRES. — *De la divisibilité asymptotique.* Note de M. **Henri Eyraud**, présentée par M. Henri Villat.

Définition. — Nous dirons qu'une suite illimitée d'entiers croissants

$$A = a_1, \quad a_2, \quad a_3, \quad \ldots \tag{1}$$

est asymptotiquement divisible, ou plus simplement divisible, par une suite analogue

$$B = b_1, \quad b_2, \quad b_3, \quad \ldots \tag{2}$$

si, à partir d'un certain rang tous les termes de B appartiennent à la suite A, sans que la réciproque ait lieu.

A est le multiple, B le diviseur.

Remarque. — L'introduction ou l'enlèvement d'un nombre fini de termes à A ou à B ne modifie pas leur caractère respectif de divisibilité.

Théorème I. — *Si la suite* B *divise la suite* A, *la suite* B *est plus croissante que la suite* A.

Théorème II. — *Une suite* A *admet toujours un diviseur* A_1.

Théorème III. — *Étant donné une série de diviseurs successifs*

$$(3) \qquad A, \quad A_1, \quad A_2, \quad \ldots,$$

dont chacun divise tous les précédents, on peut toujours déterminer un diviseur commun qu'on peut désigner par A_ω.

Démonstration. — On peut s'arranger pour que tous les termes de A_i soient contenus dans A_{i-1} $(i = 1, 2 \ldots)$.

On formera un diviseur commun en prélevant dans A, s_0 termes non contenus dans A_i, dans A_1 s_1 termes non contenus dans A_2, etc.; dans A_i, s_i termes non contenus dans A_{i+1}; et ainsi de suite :

$$(4) \qquad s_i = 0, \ 1, \ 2, \ \ldots$$

La suite

$$(5) \qquad S = s_0, \ s_1, \ s_2, \ \ldots$$

s'appelle la suite génératrice du diviseur commun.

Théorème IV. — *Si une suite* S_1 *est plus croissante qu'une suite* S, *le diviseur dont elle est fonction génératrice est un multiple du diviseur dont* S *est génératrice.*

Théorème V. — *On peut construire une suite transfinie de diviseurs successifs*

$$(6) \qquad A, \quad A_1, \quad A_2, \quad \ldots, \quad A_\omega, \quad \ldots, \quad A_\alpha, \quad \ldots,$$

dont chacun soit diviseur commun de tous les précédents, les indices α *atteignent n'importe quel transfini ordinal de la seconde classe de Cantor.*

Ce théorème est une conséquence immédiate des théorèmes II et III.

Théorème VI. — *On peut construire une série transfinie bien ordonnée de fonctions arithmétiques de plus en plus croissantes formant un ensemble non dénombrable.*

C'est une conséquence de V et de I.

Théorème VII. — *On peut déterminer une suite transfinie* (6) *de diviseurs successifs dont le nombre atteigne un transfini ordinal de la troisième classe arbitrairement choisi.*

Si en effet (6) contient $\aleph_1$ diviseurs successifs, la série

$$(7) \qquad A, \quad A_1 + B, \quad A_2 + B, \quad A_3 + B, \quad \ldots$$

contiendra le même nombre de diviseurs successifs. On appelle B une suite de termes non contenus dans A_1 et contenus dans A.

Or la série (7) admet un diviseur commun B, on peut donc la continuer, en utilisant pour numéroter ses termes, des indices transfinis de la troisième classe.

Remarque. — Il est à noter que la série (7) est différente de la série (6). D'après le théorème du continu, que nous avons démontré ailleurs, il est impossible de trouver une série (6) dont les indices épuisent les transfinis de la

troisième classe. L'ensemble des suites arithmétiques n'a que la puissance $\aleph_1$, tandis que l'ensemble des ordinaux de la troisième classe à la puissance $\aleph_2$.

THÉORÈME VIII. — *On peut construire, et d'une infinité de manières, un ensemble ordonné partout dense de diviseurs, n'ayant dans leur ensemble aucun diviseur commun, et n'ayant pas d'autre multiple commun que la suite naturelle des nombres entiers. Chacun de ces diviseurs peut être représenté par un symbole*

$$\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_\omega, \ldots, \alpha_\beta \tag{8}$$

contenant une suite bien ordonnée de transfinis ordinaux, de la première et seconde classe, possédant un dernier terme α_β.

Ce théorème est démontré dans un autre Recueil.

Remarque I. — Les symboles (8) jouent, par rapport au nombre cardinal $\aleph_1$, un rôle analogue au rôle joué par les symboles

$$a_1, a_2, \ldots, a_n \qquad (a_i \text{ entier}) \tag{9}$$

représentatifs des fractions binaires comprises entre zéro et un, relativement au nombre cardinal $\aleph_0$.

Remarque II. — Un symbole tel que (8), mais contenant $\aleph_1$ termes, représentera une coupure dans l'échelle partout dense des diviseurs (8). L'ensemble de ces coupures aura la puissance $\aleph_2$, tandis que l'ensemble des symboles (8) a la puissance $\aleph_1$.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les notions de filtre et de grille.* Note (1) de M. GUSTAVE CHOQUET, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous introduisons ici la notion de *grille sur un ensemble* et nous étudions ses relations avec la notion de filtre (2). Nous appliquons cette notion à la recherche d'une paramétrisation de l'ensemble des filtres sur un ensemble donné; et nous montrons enfin par un exemple que la notion de grille s'introduit naturellement en topologie.

I. Soit $\mathcal{F}$ un filtre sur un ensemble E. Nous désignons par $G(\mathcal{F})$ l'ensemble des parties de E qui ne sont complémentaires d'aucun élément de $\mathcal{F}$; l'ensemble $G(\mathcal{F})$ est identique à l'ensemble des parties a de E telles que, pour tout $b \in \mathcal{F}$, on ait $a \cap b \neq \emptyset$ (3); cet ensemble est aussi identique à la réunion de tous les filtres plus fins (2) que $\mathcal{F}$.

L'ensemble $\mathcal{G} = G(\mathcal{F})$ satisfait aux trois axiomes suivants :

(G_1) $\quad \emptyset \notin \mathcal{G}$,

(G_2) $\quad$ Si $a \in \mathcal{G}$ et $a \subset b$, alors $b \in \mathcal{G}$,

(G_3) $\quad$ Si $a \in \mathcal{G}$ et $b \notin \mathcal{G}$, » $(a - b) \in \mathcal{G}$.

(1) Séance du 23 décembre 1946.

(2) Voir H. CARTAN, *Comptes rendus*, 205, 1937, pp. 595 et 777; BOURBAKI, *Topologie générale*, Ch. I (*Act. Sc. et Ind.*, Hermann, n° 858).

(3) $\emptyset$ désigne l'ensemble vide de E.

Inversement, si $\mathcal{G}$ est un ensemble non vide de parties d'un ensemble E, qui satisfait aux axiomes (G_1), (G_2), (G_3), on dit que $\mathcal{G}$ est une *grille* sur E. On montre qu'il existe alors sur E un filtre unique désigné par $F(\mathcal{G})$, qui soit tel que $\mathcal{G} = G[F(\mathcal{G})]$. Ce filtre est identique à l'ensemble des éléments a de $\mathcal{G}$ tels que $(E - a) \notin \mathcal{G}$; il est aussi identique à l'ensemble des éléments $a \in \mathcal{G}$ tels que, pour tout $b \in \mathcal{G}$, on ait $a \cap b \in \mathcal{G}$.

Si une grille $\mathcal{G}$ et un filtre $\mathcal{F}$ sur un ensemble E sont tels que $\mathcal{G} = G(\mathcal{F})$, on a aussi $\mathcal{F} = F(\mathcal{G})$, et inversement. On dit alors que $\mathcal{F}$ et $\mathcal{G}$ sont *associés*.

Si $\mathcal{F}_1$ et $\mathcal{G}_1$ sont associés, ainsi que $\mathcal{F}_2$ et $\mathcal{G}_2$, les relations $\mathcal{F}_1 \subset \mathcal{F}_2$ et $\mathcal{G}_2 \subset \mathcal{G}_1$ sont équivalentes. De façon plus générale, les notions de filtre et de grille apparaissent comme des notions duales; tout énoncé formulé en termes de filtres peut être formulé en termes de grilles, et inversement. Par exemple, dire qu'un filtre $\mathcal{F}$ sur un espace topologique converge vers un point x est équivalent à dire que x est adhérent à tout élément de la grille $\mathcal{G}$ associée à $\mathcal{F}$.

Pour qu'une grille $\mathcal{G}$ soit un filtre, il faut et il suffit que le filtre associé à $\mathcal{G}$ soit un ultrafiltre, et alors $\mathcal{G} = F(\mathcal{G})$.

II. Nous allons maintenant étendre la définition de $F(\mathcal{G})$ au cas où $\mathcal{G}$ n'est plus une grille.

Soit $\mathcal{B}$ un ensemble non vide de parties d'un ensemble E, satisfaisant seulement aux axiomes (G_1) et (G_2).

L'ensemble ordonné ([4]) des filtres f sur E tels que $f \subset \mathcal{B}$ est non vide et inductif; il possède donc des éléments maximaux. Désignons par $F(\mathcal{B})$ le filtre intersection de tous ces filtres maximaux.

On peut montrer que $F(\mathcal{B})$ est identique à l'ensemble des éléments $a \in \mathcal{B}$ tels que, pour tout $b \in \mathcal{B}$, on ait $(a \cap b) \in \mathcal{B}$.

On dit que $F(\mathcal{B})$ est le *filtre associé* à $\mathcal{B}$, que $G[F(\mathcal{B})]$ est la *grille associée* à $\mathcal{B}$, et que $\mathcal{B}$ est une *base de grille*.

On a évidemment $\mathcal{B} \subset G[F(\mathcal{B})]$; donc $G[F(\mathcal{B})]$ apparaît comme une extension naturelle de $\mathcal{B}$, mais il faut bien remarquer que ce n'est pas la plus petite des grilles définies sur E et contenant $\mathcal{B}$; en fait, l'intersection des grilles définies sur E et contenant $\mathcal{B}$ est identique à $\mathcal{B}$.

Pour que le filtre $F(\mathcal{B})$ associé à une base de grille $\mathcal{B}$ soit identique à un filtre donné $\mathcal{F}$, il faut et il suffit que : 1° $\mathcal{B}$ soit une réunion de filtres plus fins que $\mathcal{F}$; 2° pour tout $a \in (\mathcal{B} - \mathcal{F})$, il existe $b \in (\mathcal{B} - \mathcal{F})$ tel que $(a \cap b) \notin (\mathcal{B} - \mathcal{F})$.

III. Soit $\mathcal{L}$ un ensemble non vide de parties d'un ensemble E, satisfaisant au seul axiome (G_1).

Désignons par $B(\mathcal{L})$ l'ensemble des parties a de E qui contiennent au moins un élément de $\mathcal{L}$. Il est immédiat que $B(\mathcal{L})$ est une base de grille et que c'est l'intersection de toutes les bases de grille contenant $\mathcal{L}$.

([4]) Ordonné par la relation : $f_1 \subset f_2$ qui se lit : f_1 est moins fin que f_2.

On dit encore que le filtre $F(B(\mathfrak{T}))$ et la grille $G(F(B(\mathfrak{T})))$ sont *associés* à $\mathfrak{T}$, et l'on dit que $\mathfrak{T}$ est un *système de générateurs de grille*.

Or tout filtre sur E peut être associé à un système de générateurs de grille, par exemple à $G(\mathcal{F})$. Donc la fonction $F(B(\mathfrak{T}))$, définie pour tout $\mathfrak{T} \in [\mathfrak{P}[\mathfrak{P}(E) - \emptyset] - \emptyset]$ (⁵) est une représentation paramétrique simple de l'ensemble des filtres définis sur E.

IV. Soit $(e_i)_{i \in E}$ une famille de sous-ensembles d'un espace topologique T.

Soit $\mathcal{F}$ un filtre sur E. On dit qu'un point x de T est un *point limite* de la famille des e_i suivant le filtre $\mathcal{F}$ si, pour tout voisinage V de x, il existe un élément a de $\mathcal{F}$ tel que, pour tout $i \in a$, on ait $V \cap e_i \neq \emptyset$.

L'ensemble L de ces points limites est dit *ensemble limite* de la famille des e_i suivant le filtre $\mathcal{F}$.

Posons $\varepsilon_a = \bigcup_{i \in a} \dot{e}_i$, où $a \subset E$.

On peut montrer que : $L = \bigcap_{a \in G(\mathcal{F})} \varepsilon_a$.

ALGÈBRE. — *Théorie non abélienne des corps de classes pour les extensions finies et séparables des corps valués complets : approximation des corps valués complets par les suites de corps valués complets.* Note de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Élie Cartan.

Je conserve les notations de mes Notes précédentes (¹). k étant un corps valué, une relation d'équivalence Π dans k sera dite *diviseur multiplicatif* si $\alpha \equiv \beta(\Pi)$ et $|\alpha' - \beta'| : \mathrm{Max}(|\alpha'|, |\beta'|) \leqq |\alpha - \beta| : \mathrm{Max}(|\alpha|, |\beta|)$ impliquent $\alpha' \equiv \beta'(\Pi)$. La borne sup. [sur l'axe semi-réel (²)] $|\Pi|$ des $|\alpha - \beta| : \mathrm{Max}(|\alpha|, |\beta|)$ pour les α, β tels que $\alpha \equiv \beta(\Pi)$ s'appelle la *norme* de Π. On a (²) $< |\Pi| > \neq +$ et $0 \leqq |\Pi| \leqq 1$. Si $|\Pi| < 1$, et si $\alpha \equiv \beta(\Pi)$, on a $|\alpha - \beta| < \mathrm{Max}(|\alpha|, |\beta|)$, d'où $|\alpha| = |\beta|$, et Π est la subdivision de k en cercles (²) $C_k(\alpha, \rho)$ dont les centres α (ayant tous une même valuation) et le rayon ρ satisfont à la relation $\rho = |\Pi||\alpha|$. Si $< u > \neq +$ et si $0 \leqq u < 1$, la subdivision de k en cercles $C_k(\alpha, u|\alpha|)(\alpha \in k)$ est un diviseur multiplicatif, noté $\Pi(u)$, et l'on a $|\Pi(u)| \leqq u$. $\Pi(1^-)$ est la classification multiplicative (³) suivant l'idéal premier $\mathfrak{p}$ de k.

On organisera l'ensemble quotient k/Π par les opérations d'addition et de multiplication en définissant la somme $A + B$ et le produit AB de deux éléments de k/Π comme l'ensemble des classes suivant Π contenus dans la somme ou le produit des A, B en tant que sous-ensembles (⁴) de k.

(⁵) $\mathfrak{P}$ (A) désigne l'ensemble des parties de l'ensemble A.

(¹) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 626-628, 984-986 et 1370-1372.

(²) Voir Krasner, *Comptes rendus*, **219**, 1944, pp. 433-435.

(³) Voir Krasner, *Comptes rendus*, **219**, 1944, pp. 345-347.

(⁴) Étant donné un ensemble E avec une loi de composition, le composé AB des A, B $\subseteq$ E *en tant que sous-ensembles de* E est l'ensemble des ab, $a \in A$, $b \in B$.

k et k' étant deux corps valués, et Π, Π' étant les diviseurs multiplicatifs des k, k' d'une même norme u, tout isomorphisme (par rapport aux opérations rationnelles et à la valuation) ζ de k/Π sur k'/Π' sera dit un *isomorphisme résiduel* de k sur k', et u sera appelé la *norme* de ζ et noté $|\zeta|$.

k étant un corps valué complet, $k_1, k_2, \ldots, k_m, \ldots$ étant une suite de tels corps, une suite $\zeta = (\zeta_1, \zeta_2, \ldots, \zeta_m, \ldots)$, où ζ_m $(m = 1, 2, \ldots)$ est un isomorphisme résiduel de k_m sur k, sera dite un *isomorphisme approximant* de la suite $k_1, k_2, \ldots, k_m, \ldots$ sur k si ([2]) $|\zeta_m| \to 0^+$ quand $m \to +\infty^-$. $k_1, k_2, \ldots, k_m, \ldots$ sera dite une *suite approximante* de k, et k sera dit la *limite* de cette suite par rapport à ζ. On notera Π_m le diviseur multiplicatif de k_m de norme $|\zeta_m|$. On dira d'une relation qu'elle a lieu *asymptotiquement* (abréviation : as.) si elle a toujours lieu à partir d'un certain rang.

$\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m, \ldots$ $(\alpha_m \in k_m)$ est dite *convergente* (ou *quasi-convergente*) (suivant ζ) s'il existe un $\alpha \in k$, dit sa *limite* (ou *quasi-limite*), une suite $\alpha', \alpha'', \ldots, \alpha^{(m)}$ d'éléments de k, et (pour la convergence) une suite $\Pi', \Pi'', \ldots, \Pi^{(m)}$ de diviseurs multiplicatifs de k telle que $|\Pi^{(m)}| \to 0^+$, de manière que, pour tout $m = 1, 2, \ldots$, $\alpha^{(m)} \equiv \alpha(\Pi^{(m)})$ (ou $\alpha^{(m)} \to \alpha$ au sens de la topologie de k) et que, A_m étant la classe de α_m suivant Π_m, on ait $\alpha^{(m)} \in \zeta_m A_m$. A partir de là, on définit de la manière habituelle la convergence et la quasi-convergence des suites des polynomes ou de fonctions rationnelles des k_m vers un polynome ou une fonction rationnelle de k. Si les fonctions rationnelles $f_m(x, y, z, \ldots)$, $\varphi_m(t, u, v, \ldots)$, $\psi_m(t, u, v, \ldots)$, $\theta_m(t, u, v, \ldots)$, $\ldots$ de k_m quasi-convergent vers celles $f(x, y, z, \ldots)$, $\varphi(t, u, v, \ldots)$, $\psi(t, u, v, \ldots)$, $\theta(t, u, v, \ldots)$ de k, $f_m(\varphi_m, \psi_m, \theta_m, \ldots)$ quasi-converge vers $f(\varphi, \psi, \theta, \ldots)$ si cette fonction a un sens. On dira qu'une suite $E_1, E_2, \ldots, E_m, \ldots$ d'ensembles d'éléments, de polynomes ou de fonctions rationnelles de $k_1, k_2, \ldots, k_m, \ldots$ converge vers un ensemble E de ceux de k si : 1° tout $\alpha \in E$ est limite d'une suite $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m, \ldots$, où $\alpha_m \in E_m$; 2° la limite de toute suite convergente $\alpha_1, \alpha_2 \ldots, \alpha_m, \ldots$, où $\alpha_m \in E_m$, est $\in E$.

K/k étant une extension finie et séparable, soient $K = k(\alpha)$ et $f(x) = f_{\alpha/k}(x)$. Soit $f_1(x), f_2(x), \ldots, f_m(x)$ une suite de polynomes de $k_1, k_2, \ldots, k_m, \ldots$ telle que $f_m \to f$. On démontre (par application du principe I) que $f_m(x)$ est as. irréductible dans k_m; le discriminant $d(f_m)$ de f_m converge vers celui $d(f)$ de f. Ainsi, un zéro α_m de $f_m(x)$ définit as. une extension séparable K_m/k_m de degré $n = (K:k)$, et l'on peut montrer que K est la limite de $K_1, K_2, \ldots, K_m$, par rapport à un isomorphisme approximant $Z = (Z_1, Z_2, \ldots, Z_m, \ldots)$ tel que as. on ait $|Z_m| = |\zeta_m|$ et Z_m prolonge ζ_m. On a le

Théorème. — 1° *Le domaine d'intégrité, les idéaux, le discriminant* ([5]) *de* K/k *sont limites de ceux des* K_m/k_m; 2° $\mathcal{E}_{K/k}$ *et les ensembles qui s'en déduisent* ([1]) *sont limites de ceux des* K_m/k_m; $\mathfrak{f}_{K/k} = \lim \mathfrak{f}_{K_m/k_m}$; 3° *L'hypergroupe de Galois* $\mathfrak{g}_{K/k}$ *et son groupe de Galois* $\mathcal{G}_{K/k}$ *sont as. isomorphes à ceux de* K_m/k_m (*en particulier,* K/k *est galoisienne ou abélienne si, et seulement si* K_m/k_m *l'est as.*),

([5]) *Voir* Krasner, *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 28-30 et 761-763.

et leur isomorphie peut être établie de manière que si $\alpha = \lim \alpha_m (\alpha_m \in K_m)$, *le nombre caractéristique* ([5]), *le nombre d'irrégularité* ([1]) *et l'isomorphisme induit dans le squelette* ([5]) *soient as. les mêmes pour* $\sigma \in g_{K/k}$ *et pour* $\sigma_m \in g_{K_m/k_m}$ *correspondants, et qu'une suite de corps* $K'_1, K'_2, \ldots, K'_m, \ldots$ $(k_m \subseteq K'_m \subseteq K_m)$ *approche un corps* K', $k' \subseteq K' \subseteq K$, *avec l'isomorphisme approximant induit par* Z, *si, et seulement si* $g_{K'_m/k'_m}$ *correspond as. à* $g_{K'/k'}$.

Idée de la démonstration de 3° *dans le cas galoisien :* d, d_m étant les minimums des distances des conjugués de α, α_m dans les fermetures algébriques valuées $\mathfrak{K}$, $\mathfrak{K}_m$ des K, K_m, on prouve, vu que as. $|d(f_m)| = |d(f)|$, qu'il existe un nombre réel $d^* > 0$ tel que as. $d_m > d^*$. K/k étant galoisienne, pour tout $\sigma \in G_{K/k}$, il existe un polynome $\varphi_\sigma(x)$ de k tel que $\sigma\alpha = \varphi_\sigma(\alpha)$, d'où si $R[\mu, \nu]$ désigne le résultant en x des polynomes $\mu(x)$, $\nu(x)$, on a $R(y) = R[f(x), y - \varphi_\sigma(x)] = f(y)$, donc $R[R(x), f(x)] = 0$. Si $\varphi_\sigma(x) = \lim \varphi_{\sigma,m}(x)$, $R(y)$ est la quasi-limite de $R_m(y) = R[f_m(x), y - \varphi_{\sigma,m}(x)]$ et 0 en est une de $R^*_m = R[R_m(x), f_m(x)]$; donc $|R^*_m| \to 0^+$, d'où, Δ_m étant le minimum des distances entre les zéros de R_m et ceux de f_m, $\Delta_m \to 0^+$ et as., $\Delta_m < d^* < d_m$. En vertu du Principe II de la première de mes Notes ([1]), R_m est irréductible, et pour tout zéro α'_m de f_m, il existe un zéro β'_m de R_m tel que $|\beta'_m - \alpha'_m| < d_m$ et que $k(\beta'_m) = k(\alpha'_m)$, et $\alpha'_m \to \beta'_m$ est une application biunivoque des zéros de f_m sur ceux de R_m. $\varphi_{\sigma,m}(\alpha_m)$ est un zéro de R_m, et il existe un $\alpha'_m = \sigma_m \alpha_m (\sigma_m \in g_{K_m/k_m})$ tel que $\varphi_{\sigma,m}(\alpha_m) = \beta'_m$, d'où $k_m(\alpha'_m) \subseteq k_m(\alpha_m)$; donc, σ_m est un automorphisme de K_m/k_m. On prouve que, as., $\sigma \to \sigma_m$ est un isomorphisme de $g_{K/k}$ sur g_{K_m/k_m}, indépendant du choix de α, et $|\sigma\alpha - \alpha| = |\sigma_m \alpha_m - \alpha_m|$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Les classes de Baire des fonctions multiformes.* Note ([1]) de M. **R. Brisac** présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous nous proposons d'établir la classification de Baire des applications multiformes fermées R d'un espace topologique X dans un espace métrique compact Y [x désignant un point de X, $R(x)$ est un ensemble *fermé* de Y]; chemin faisant nous indiquerons les difficultés que l'on rencontre si l'on fait des hypothèses moins restrictives. R^- désignera l'application inverse de R, G un ouvert, F un fermé, les indices σ et δ indiquant les réunions et intersections dénombrables.

Les classes sont définies par les relations suivantes :

$I_0 : R^-(G) = G$,	$S_0 : R^-(F) = F$,	C_0 : intersection des classes I_0 et S_0;
$I_1 : R^-(F) = G_\delta$,	$S_1 : R^-(G) = F_\sigma$,	C_1 : intersection des classes I_1 et S_1;
$I_2 : R^-(G) = G_{\delta\sigma}$,	$S_2 : R^-(F) = F_{\sigma\delta}$,	C_2 : intersection des classes I_2 et S_2.

La classification s'étend par récurrence à tous les entiers; on peut l'étendre aux ordinaux transfinis.

([1]) Séance du 13 janvier 1947.

I. 1° I_0 est la classe des fonctions semi-continues inférieurement (sci); S_0 est la classe des fonctions semi-continues supérieurement (scs).

La limite topologique d'une suite dénombrable de fonctions de la classe I_n (resp. S_n) est de la classe I_{n+1} (resp. S_{n+1}).

La limite supérieure d'une suite dénombrable de fonctions de la classe I_n est de la classe I_{n+1} si n est pair, de la classe I_{n+2} si n est impair; la limite supérieure d'une suite dénombrable de fonctions de la classe S_n est de la classe S_{n+1} si n est impair, de la classe S_{n+2} si n est pair.

Si l'espace X est un espace métrique à noyau parfait non vide, il y a dans chaque classe I_n des fonctions qui n'appartiennent à aucune classe I_p ou S_q avec $p < n$ ou $q \leqq n$. Même résultat pour les classes S_n.

Remarquons que pour les fonctions uniformes, les classes I_n et S_n coïncident toutes les deux avec la $n^{\text{ième}}$ classe de Baire.

Exemples. — Le paratingent est une fonction de classe S_0, le contingent de classe I_1 [ces résultats sont valables pour les paratingents d'ordre supérieur à 1; ils valent aussi pour les contingents et paratingents généralisés de Pauc ([2])]. Les contingents régularisés sont de classe I_2 ([3]).

2° Supposons que Y soit un métrique non compact; il peut alors exister des fonctions de la classe I_0 qui ne soient pas de la classe I_1 : X est le segment (01), Y l'ensemble des points du plan de coordonnées rationnelles u et v comprises entre 0 et 1; $R(x)$ est l'ensemble de Y défini par $u = x$, $v \geqq x$; cette fonction est de la classe I_0 [sci au sens de Hahn ([4]); F désignant l'ensemble $u = v$, $R^{-}(F)$ est l'ensemble des rationnels du segment (01); ce n'est pas un G_δ (mais un F_σ]. On démontre par contre que, si Y est métrique, toute fonction de la classe S_0 est aussi de la classe S_1 (même si elle n'est pas fermée).

De même si l'on suppose Y métrique compact, mais R non fermée, il existe des fonctions de la classe I_0 qui ne sont pas I_1 (on en construit très aisément en remarquant que pour qu'une fonction soit I_0, il suffit que sa fermeture le soit).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Dérivation de Riemann-Schwarz.* Note de M. **Ernest Corominas Vigneaux**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous appelons dérivée $n^{\text{ième}}$ de Riemann-Schwarz, ou tout simplement (RS) de $f(x)$, la limite de $\underset{E}{\overset{n}{\Delta}} f(x)$ quand n points de E sont à des distances de x infiniment petites du même ordre et non équivalentes deux à deux. La distance du point qui manque peut être du même ordre infinitésimal et non équivalente à aucune des distances précédentes, ou bien d'ordre supérieur ou bien encore

([2]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 153.

([3]) Choquet, *Thèse*, Paris, 1946. On y trouve un exemple où le contingent plan régularisé n'est pas de classe 1.

([4]) *Reelle Funktionen*, pp. 148 et suiv.

simplement nulle. La définition des dérivées (RS) renferme, entre autres, la définition de la dérivée ordinaire, d'intervalle, symétrique et la seconde dérivée de Schwarz.

On doit toujours tenir compte des restrictions imposées à la façon dont les points de E approchent leur limite unique; l'oubli de ces restrictions peut conduire à des résultats inexacts. Ainsi peuvent exister la $n^{\text{ième}}$ dérivée (P), et par conséquent la $n^{\text{ième}}$ dérivée ordinaire, et non pas la limite de $\underset{E}{\Delta}^{n} f(x)$, quand les points E s'approchent du point limite sans remplir les conditions antérieures.

Quand toutes les dérivées $n^{\text{ièmes}}$ (RS) possibles ont la même valeur, alors la dérivée $n^{\text{ième}}$ (P) existe et a également la même valeur.

Mais on peut préciser davantage. Quand les $n+1$ points de E sont d'un même côté de x et se meuvent tellement que pour chaque position des points de E, $a_1(h)$, $a_2(h)$, $\ldots$, $a_{n+1}(h)$, il en existe une autre postérieure h' telle que $a_{n+1}(h') = a_n(h)$, $a_n(h') = a_{n-1}(h)$, $\ldots$, $a_2(h') = a_1(h)$, c'est-à-dire, chaque point coïncide avec l'antérieur, sauf le premier (qui n'a pas d'antérieur) et si en plus la limite de $\underset{E}{\Delta}^{n} f(x)$ existe, alors la dérivée d'ordre n(P) latérale existe aussi et elle a la même valeur. Nous appellerons cette forme de dérivées : dérivée enchaînée. Ainsi la dérivée enchaînée d'ordre n(RS) est équivalente à la dérivée d'ordre n(P), toutes les deux latérales du même côté.

Quand les points E ont l'expression $a_{n+1} = x + h$, $a_n = x + k.h$, $a_{n-1} = x + k^2.h$, $\ldots$, $a_1 = x + k^n.h (0 < k < 1)$, évidemment nous avons un cas spécial de dérivée enchaînée (RS). Dans le cas général les points doivent être fonctions continues d'un paramètre qui est aussi continu.

En particulier, quand les deux dérivées latérales de premier ordre (RS) existent et ont la même valeur, la dérivée ordinaire existe et a aussi la même valeur. Quand ces dérivées ne sont pas latérales on arrive à la même conclusion.

En fait, chaque dérivée (RS) de premier ordre est enchaînée. De même, toutes les dérivées latérales de second ordre (RS) ayant un point fixe sont des dérivées enchaînées.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Opérations multiformes qui s'obtiennent à partir d'opérations uniformes.* Note (1) de M. **J. Kuntzmann**, présentée par M. Gaston Julia.

H. Campaigne à montré (2) qu'un certain hypergroupe ne pouvait être représenté par des relations d'équivalence dans un groupe.

---

(1) Séance du 6 janvier 1947.

(2) *American Journal of Mathematics*, 62, 1940, p. 604.

Nous considérerons le procédé plus général suivant, que j'avais appelé *symorphie* de type CCC [3].

Soit U un système associatif uniforme, dont nous désignerons les éléments par des minuscules, et, dans ce système, une famille de sous-ensembles, que nous désignerons par des majuscules, tel que chaque élément de U fasse partie d'au moins un de ces sous-ensembles. Nous définirons entre ces sous-ensembles l'opération multiforme suivante

$$AB = C \qquad \text{s'il existe } a \in A \text{ et } b \in B, \text{ tels que } \quad ab \in C.$$

Lorsque les ensembles sont disjoints, on retrouve la notion habituelle de relation d'équivalence (symorphie N N N).

L'opération obtenue n'est pas associative, en général, mais elle satisfait à la condition suivante, qui se réduit à l'associativité si l'opération est uniforme : si A.B et C.D sont deux déterminations quelconques des produits A B et C D, on peut trouver une détermination B.C du produit B C, telle que

$$(A.B)C \cap A(B.C) \neq \emptyset, \qquad (B.C)D \cap B(C.D) \neq \emptyset,$$

$\emptyset$ désignant l'ensemble vide.

En effet, A.B provient de deux éléments a et b, C.D provient de deux éléments c et d. Considérons l'un des ensembles qui contient $b\,c$, soit B.C. Il est clair que (A.B)C et A(B.C) ont en commun abc. De même pour (B.C)D et B(C.D).

On vérifie facilement que cette condition n'est pas vérifiée par l'hypergroupe de Campaigne (voir plus haut), dont la table est

	e	b	a
e	e	b	a
b	b	a	e, b
a	a	e, b	a, b

On peut prendre par exemple $A = a$, $B = a$, $C = b$, $D = a$, $A.B = a$, $C.D = e$.

Cet hypergroupe ne peut donc être obtenu par symorphie CCC à partir d'aucun système uniforme.

Soit un système multiforme Σ dont nous désignerons les éléments par des minuscules grecques. On peut donner la condition nécessaire et suffisante suivante pour que Σ soit le symorphe de type CCC d'un système uniforme : Il faut et il suffit que Σ soit le symorphe NNN d'un certain monoïde libre M.

La condition est manifestement suffisante.

Reste à montrer que la condition est nécessaire. Soit $\mathcal{F}$ un ensemble ayant au moins la puissance de l'ensemble des A qui contiennent le même élément de U. Soit $\mathcal{E}'$ un ensemble dont on connaisse une application sur l'ensemble $\mathcal{E}$ des

---

[3] *Ann. Fac. Sc. Toulouse*, 3, IV, 1939, pp. 155-193.

éléments de U, chaque classe de $\mathcal{E}'$ suivant $\mathcal{E}$ étant un ensemble de puissance au moins égale à celle de $\mathcal{F}$.

Soient M′ le monoïde libre construit sur $\mathcal{E}'$, M le monoïde libre construit sur $\mathcal{E}$.

On peut définir dans M′ une division en classes disjointes satisfaisant aux conditions imposées. En effet, à tout élément de M′ correspond par $\mathcal{E}' \to \mathcal{E}$ un élément de M.

A cet élément de M correspond un élément de U défini par l'homomorphie de M sur U. A cet élément de U correspondent plusieurs éléments de Σ. Nous ferons correspondre à l'élément de M′ l'un de ces éléments de Σ de telle manière que parmi les éléments de M′ qui correspondent à un même élément de M, il y en ait au moins un qui corresponde à chacun des éléments de Σ possibles. On vérifie immédiatement que cette correspondance est une symorphie NNN de M′ sur Σ.

La symorphie CCC ne donne pas, dans le problème actuel, de systèmes plus généraux que la symorphie NNN. Au contraire, si les classes ne sont pas disjointes, on obtient un système qui n'est pas quelconque. On peut prendre α et β tels que $\alpha\lambda \cap \beta\lambda \neq \emptyset$ quel que soit λ.

Signalons que les systèmes quelconques peuvent être obtenus par un procédé un peu plus général ([1]), qui est une symorphie de type NNC.

Ils peuvent également être obtenus en prenant dans un ensemble une famille de sous-ensembles disjoints ne recouvrant pas tout l'ensemble. En effet, soit $\{A\}$ et $\{a\}$ un ensemble isomorphe. Considérons le monoïde libre construit sur les $\{a\}$ et les classes C_A définies par $a \in C_A$

$$uv \in C_A \quad \text{si } UV \supset A.$$

Ces classes satisfont aux conditions imposées.

On peut donner une condition analogue pour qu'un système multiforme Σ puisse s'obtenir par symorphie CCC à partir d'un groupe. Il faut et il suffit que l'on puisse trouver un groupe libre G tel que Σ s'obtienne par symorphie NNN à partir de G.

La condition est manifestement suffisante. Pour montrer qu'elle est nécessaire, il suffit de répéter les raisonnements faits en remplaçant M′ par G′ groupe libre construit sur $\mathcal{E}'$.

La question de savoir si un système réalisable par symorphie à partir d'un système uniforme et satisfaisant à certaines conditions auxiliaires, telles que l'existence d'une unité et d'inverses bilatères avec $ax = b \to x \in ab$ est réalisable dans un groupe semble n'être pas résolue.

(Les conditions citées sont seulement nécessaires.)

([1]) KUNTZMANN, *Annales de l'Université de Grenoble*, **21**, 1945, pp. 95-99.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Propriétés géométriques des domaines d'existence des opérateurs linéaires fermés de l'espace de Hilbert.* Note (¹) de M. **Jacques Dixmier**, transmise par M. Gaston Julia.

Les notations et abréviations sont celles d'une Note précédente (²).

1. On appellera noyau d'un d.e. D toute v.l.f. à ∞ dimensions $N \subset D$. N sera dit maximal s'il n'existe aucun noyau $N' \supset N$ tel que $N' \ominus N$ ait ∞ dimensions. Deux noyaux disjoints N, N' seront dits conjugués si $D = N \dotplus N'$.

Classification des d.e. : Classe 1 : D, fermé, a ∞ dimensions. Classe 2 *a* : D a des noyaux, mais aucun n'est maximal. Classe 2 *b* : D, non fermé, a un noyau maximal. Classe 3_n : D, sans noyaux, a *n* dimensions (*n* fini ou infini). Ces classes sont non vides, disjointes, et englobent tous les d.e.

Si D, non fermé, a un noyau N (classe 2), D contient une infinité de noyaux conjugués N', asymptotiques à N.

Si D, non fermé, a un noyau maximal (classe 2 *b*), tout noyau est contenu dans un noyau maximal; 2 noyaux maximaux sont complètement asymptotiques (c'est-à-dire que chacun est complètement asymptotique à l'autre); tout noyau maximal possède une infinité de conjugués maximaux; réciproquement, si 2 v.l.f. disjointes N et N' sont complètement asymptotiques, $N \dotplus N'$ est un d.e. de classe 2 *b* dont N et N' sont 2 noyaux conjugués maximaux.

Soient N et N', 2 noyaux de D. Si D est de classe 2 *a*, il existe un unitaire U tel que $U(D) = D$, $U(N) = N'$: tous les noyaux de D jouent le même rôle. Si D est de classe 2 *b*, il en est de même si N et N' sont simultanément non maximaux.

2. D étant quelconque, si $M \subset D$, $M' \subset D'$ sont 2 v.l. à *n* dimensions (*n* fini), il existe encore un unitaire U tel que $U(D) = D$, $U(M) = M'$; donc il n'y a pas de direction privilégiée dans D.

3. Un système orthonormal (e_i) sera dit base de D si D est l'ensemble des $X = \sum_{i=1}^{\infty} x_i e_i$ tels que $\sum_{i=1}^{\infty} a_i^2 |x_i|^2 < +\infty$, où (a_i) est une suite de nombres réels tels que $\inf a_i > 0$; D possède une infinité de bases (³); (e_i) est base de D si, et seulement si, pour toute $V = [e_{i_1}, e_{i_2}, \ldots]$, $X \in D$ entraîne $P_V X \in D$.

La donnée de D et le choix de (e_i) définissent la suite (a_i) à une équivalence près [2 suites (a_i) et (b_i) sont équivalentes si a_i/b_i et b_i/a_i sont bornés]; les suites correspondant à deux bases distinctes sont équivalentes à une permutation près; donc la seule donnée de D définit une suite (a_i) à une équivalence

(¹) Séance du 6 janvier 1947.

(²) Dixmier, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 971.

(³) L'existence d'une base a été montrée par Köthe (*Math. Zeitschrift*, 41, 1936, pp. 137 et 153).

et une permutation près ; les suites associées à D et D′ étant équivalentes à une permutation près si, et seulement si, $D = J(D')$ pour un op. isométrique J, la classification des d.e. revient à celles des suites (a_i) définies à une équivalence et à une permutation près.

D est de classe 3 si, et seulement si, $\lim_{i=\infty} a_i = +\infty$. D est de classe 2*b* si, et seulement si, la suite (a_i) se partage en une suite bornée et une suite tendant vers $+\infty$. D est de classe 2*a* si, et seulement si, l'ensemble dérivé de l'ensemble des a_i admet $+\infty$ pour point limite.

4. *Réseau des d.e.* — De même que la somme et le produit d'op. du type d.e. sont du type d.e. (alors que la somme et le produit d'op.l.f. ne sont pas toujours f.), $D \dot{+} D'$ et $D \cap D'$ sont des d.e. si D et D′ sont des d.e. ([4]) (alors que $D \dot{+} D'$ n'est pas toujours f. si D et D′ sont 2 v.l.f.). Si D′ est de classe 3, $D \dot{+} D'$ est de classe 3, 2*b* ou 2*a* suivant que D est de classe 3, 2*b* ou 2*a*, et de classe 1 ou 2*b* si D est de classe 1. En particulier, les d.e. de classe 3 forment un sous-réseau. Un d.e. D est f. si et seulement si il existe un d.e. D′ tel que $D \dot{+} D' = H$, $D \cap D' = 0$. Tout d.e. est de la forme $(V_1 \dot{+} V_2) \cap (V_3 \dot{+} V_4)$ où V_1, V_2, V_3, V_4 sont 4 v.l.f.; d'où une nouvelle définition des d.e.

5. On peut généraliser simplement des théorèmes dont la première démonstration, due à von Neumann ([5]) est difficile. Par exemple : étant donné une suite de d.e. non fermés D_0, D_1, ..., on peut trouver des unitaires U_1, U_2, ..., tels que D_0, $U_1(D_1)$, $U_2(D_2)$ soient disjoints. On en déduit facilement certains aspects de la pathologie des op. non bornés; par exemple : tout op.l.f. symétrique est prolongement d'une infinité d'op.l.f. symétriques K, tels que $D_{K^*} = 0$ ([6]); on peut trouver un op.l.f. A tel que $D_{A^*} = D_{A^{**}} = 0$ etc.

NOMOGRAPHIE GÉNÉRALE. — *Un mode de représentation schématique de la structure des abaques à plans mobiles superposés.* Note ([1]) de M. **Georges Boulanger**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. L'étude des propriétés morphologiques des abaques à plans mobiles superposés implique la possession d'un système simple de représentation de leur structure. Nous utilisons avec succès un procédé de représentation schématique dont nous nous proposons d'indiquer ici le principe.

2. Notre système de représentation est basé sur l'emploi de quadrillages dont les alignements horizontaux et verticaux correspondent respectivement

([4]) Pour $D \cap D'$, ce résultat a été partiellement donné par Neumark (*Bull. Acad. Sc. U. R. S. S., Sér. Math.*, 1939, p. 165).

([5]) *Journal f. d. reine u. angew. Math.*, 161, 1929, p. 208.

([6]) Ceci renforce un résultat de Neumark (*C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, 28, 1940, p. 207).

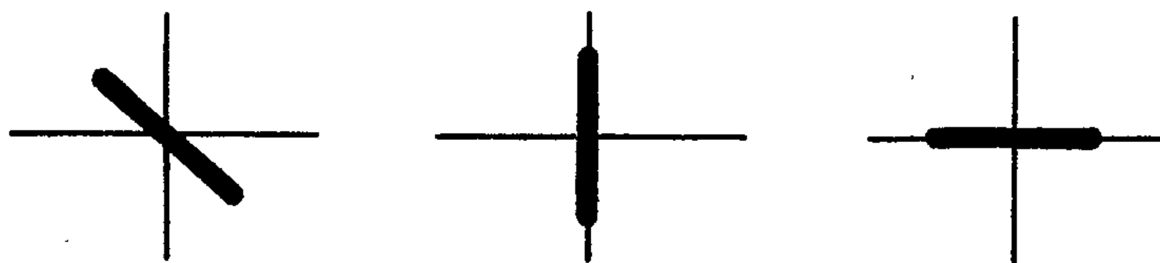
([1]) Séance du 13 janvier 1947.

aux plans constituant les abaques et aux contacts établis entre ces plans. Aux nœuds de ces quadrillages sont disposés des symboles qui représentent les éléments géométriques.

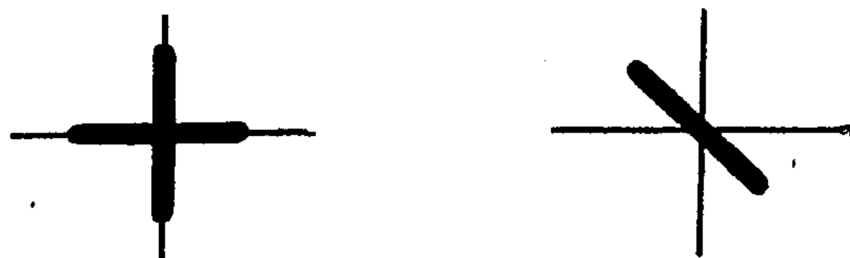
Les symboles relatifs à des éléments appartenant à un même plan sont placés sur une même horizontale, tandis que les éléments qui participent à un même contact sont représentés par des symboles situés sur une verticale.

Les plans sont ainsi représentés par des droites horizontales dont l'ordre de succession est l'ordre de superposition des plans. Si certains plans sont groupés, c'est-à-dire doivent être solidarisés entre eux avant d'être mis en place dans l'abaque, les lignes correspondantes sont bordées d'un trait vertical.

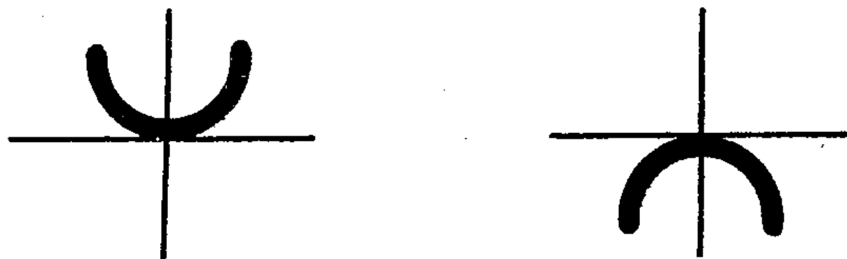
Les symboles relatifs aux faisceaux cotés sont respectivement :



pour les systèmes dont les éléments participent à un contact ponctuel et sont répartis sur *trois* plans ;



pour les systèmes dont les éléments participent à un contact ponctuel et sont répartis sur *deux* plans ;

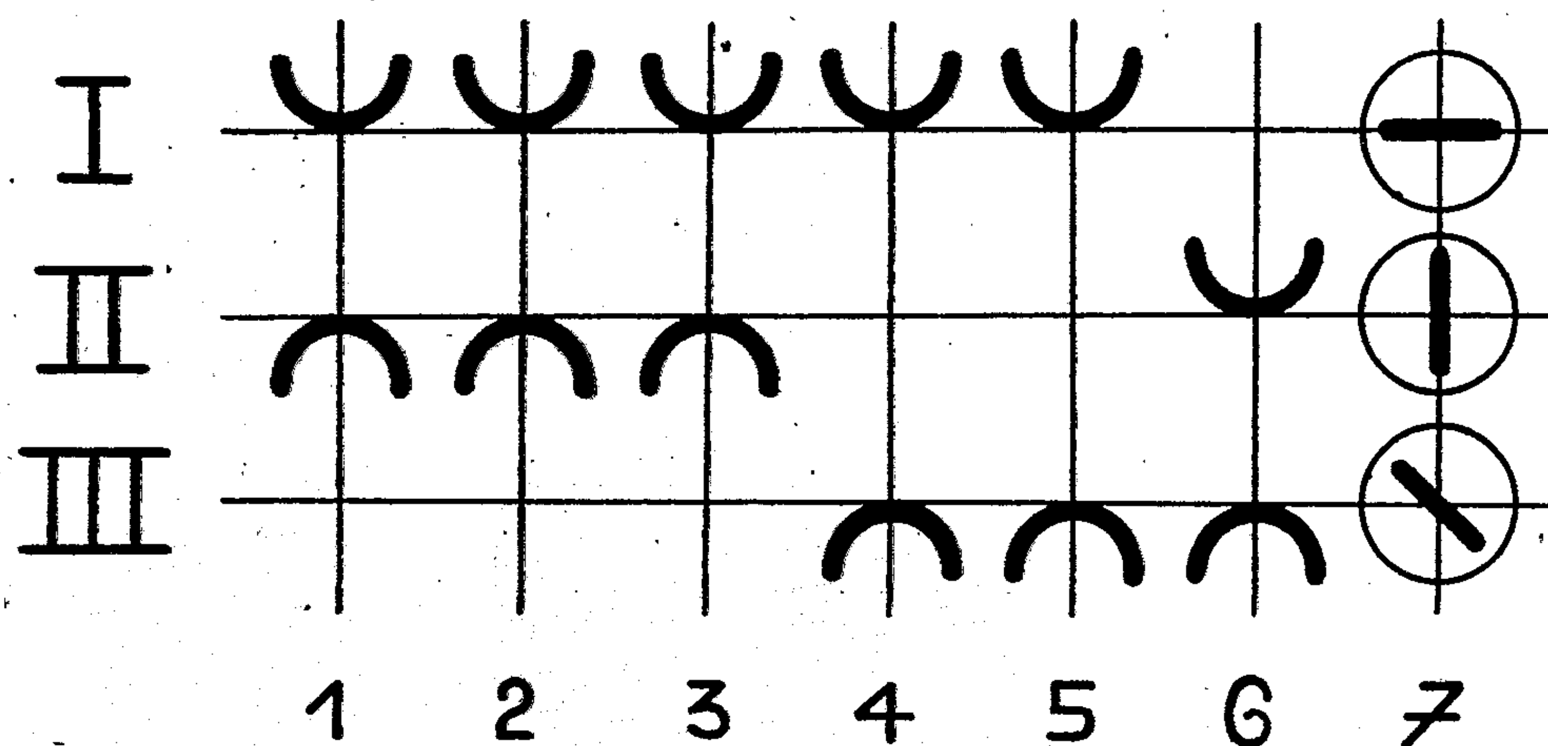


pour les systèmes dont les éléments participent à un contact tangentiel. Le symbole relatif à un système de points cotés (échelle) est un point. Les éléments non cotés sont représentés par des symboles identiques à ceux des éléments cotés mais dessinés en traits fins (sauf le point qui est représenté par un petit cercle évidé). Les symboles relatifs aux éléments qui participent au contact de résolution sont entourés d'une circonférence quand on désire préciser quels sont ces éléments.

Les plans et les contacts peuvent être numérotés pour en faciliter le repérage et l'on se réserve de donner, sous une forme appropriée, toute indication complémentaire jugée utile.

3. Nous désignons sous le nom de *formes* les schémas obtenus par le procédé indiqué. A un même abaque correspondent plusieurs formes caractérisées chacune par un ordre déterminé de succession des plans et par une disposition transversale particulière des contacts. L'ordre de succession des plans dépend des conditions d'emploi de l'abaque. Par contre la disposition transversale des contacts ne relève que de la technique de la représentation et peut être choisie *a priori*. Il suffit, pour définir la structure d'un abaque, de donner une des formes sous lesquelles il peut se présenter.

4. EXEMPLE. — La figure donne, comme exemple, le schéma d'un abaque à



trois plans dont les contacts de position sont tangentiels et le contact de résolution ponctuel. Le plan II est fixé par rapport au plan I (contacts de position 1, 2, 3), tandis que le plan III est fixé par rapport aux plans I (contacts 4, 5) et II (contact 6). Le contact de résolution 7, dont les éléments sont répartis sur les trois plans, détermine l'inconnue.

AÉRODYNAMIQUE SUPERSONIQUE. — *Étude de certains régimes coniques.* Note (¹) de M. PAUL GERMAIN, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Nous supposerons que les hypothèses de linéarisation sont vérifiées. Dans ces conditions $\Phi(x, y, z)$ désignant le potentiel de perturbation d'un écoulement supersonique autour d'un obstacle, et Ox étant orienté suivant la vitesse générale, Φ est solution de

$$\beta^2 \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2}, \tag{1}$$

β^2 étant égal à $M^2 - 1$, M étant le nombre de Mach de l'écoulement non perturbé. L'obstacle ayant sa pointe avant placée à l'origine O des coordonnées, nous supposerons que l'obstacle est tout entier à l'intérieur du cône de Mach C de

(¹) Séance du 23 décembre 1946.

sommet O. $\Phi(x, y, z)$ est donc identiquement nul à l'extérieur de C. L'écoulement est conique, si le long d'une demi-droite issue de O, la vitesse de l'écoulement reste équipollente à elle-même. Les composantes u, v, w de la vitesse de perturbation sont donc fonctions de x/r et de θ, si l'on pose $y = r\cos\theta$, $z = r\sin\theta$. M. Th. von Kàrmann, dans une récente conférence à l'Institut Henri Poincaré, a fait remarquer que si l'on posait

$$\xi = \operatorname{Arg\,Ch} \frac{x}{\beta r}, \tag{2}$$

ce qui est légitime à l'intérieur de C, u, v, w étaient alors solutions de l'équation de Laplace

$$\frac{\partial^2 f}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial \theta^2} = 0.$$

2. u, v, w ne sont naturellement pas des fonctions indépendantes. Elles satisfont aux équations exprimant que l'écoulement est irrotationnel. Posons $\zeta = \theta + i\xi$ et désignons par $U(\zeta)$, $V(\zeta)$, $W(\zeta)$ les fonctions analytiques de ζ dont les parties réelles sont respectivement $u(\theta, \xi)$, $v(\theta, \xi)$, $w(\theta, \xi)$; on montre alors facilement que U, V, W sont liées par les relations simples

$$-\beta \frac{dU}{d\zeta} = \frac{dW}{d\zeta}\frac{1}{\sin\zeta} = \frac{dV}{d\zeta}\frac{1}{\cos\zeta}. \tag{3}$$

3. Dans le cas général, la partie supérieure ($y > 0$) du cône C est représentée sur le plan ζ sur la demi-bande limitée par le segment $(-\pi/2, +\pi/2)$ de l'axe des θ et les demi-droites $\zeta = -(\pi/2) + is$ et $\zeta = (\pi/2) + is$ ($s > 0$). L'obstacle contient la demi-droite Ox, et est ainsi représenté par un arc de courbe γ, à distance finie; nous désignerons par D le domaine fermé borné ainsi délimité dans le plan ζ. Le long de γ, il faut exprimer que la vitesse est tangente à l'obstacle, ce qui fournit une relation linéaire entre v et w, ou encore une relation linéaire entre v et w et les dérivées $\partial v/\partial\theta$, $\partial w/\partial\theta$, $\partial v/\partial\xi$, $\partial w/\partial\xi$, qui doit être satisfaite le long de γ. Sur les autres frontières de D, on voit qu'il faut prendre $v = 0$.

Cherchons à déterminer la fonction $v(\theta, \xi)$ harmonique à l'intérieur de D. La dernière relation (3) permet d'exprimer $\partial w/\partial\xi$ et $\partial w/\partial\theta$ en fonction de $\partial v/\partial\xi$ et $\partial v/\partial\theta$. On est ainsi ramené à trouver une fonction harmonique, nulle sur une partie de la frontière de D, connaissant une relation linéaire entre cette fonction, sa dérivée normale et sa dérivée tangentielle sur la partie complémentaire (γ) de cette frontière.

4. Sans approfondir pour l'instant l'étude du cas général, nous allons étudier le cas où l'obstacle est un angle de sommet O dont le plan est parallèle à l'axe des z, et faiblement incliné sur l'axe des x (aile Δ). Les conditions limites sur l'obstacle se réduisent à $v = \delta = \text{const}$. Nous limitant toujours pour simplifier à la partie supérieure du cône C, on peut, étant données les hypothèses de

linéarisation, supposer que la condition $v = \delta$ est satisfaite aux points du plan zOx en lesquels se projette l'obstacle.

Le domaine D est alors la demi-bande tout entière, le contour γ étant formé par les demi-droites $\zeta = \pm \pi/2 + is$ ($\alpha \leq s$) où α correspond aux génératrices limites du Δ. On détermine d'abord V, puis U et W par les relations (3) et l'on obtient

$$U = \frac{\delta}{\pi\beta}\frac{\operatorname{ch}\alpha}{\operatorname{sh}\alpha}\operatorname{Log}\left(\frac{\operatorname{ch}(\alpha + i\zeta)}{\operatorname{ch}(\alpha - i\zeta)}\right), \qquad V = -\frac{i\delta}{\pi}\operatorname{Log}\left(\frac{\operatorname{ch}\alpha - \sin\zeta}{\operatorname{ch}\alpha + \sin\zeta}\right),$$

$$W = \frac{\delta}{\pi}\frac{\operatorname{ch}\alpha}{\operatorname{sh}\alpha}\operatorname{Log}\left(\frac{\operatorname{sh}\alpha + i\cos\zeta}{\operatorname{sh}\alpha - i\cos\zeta}\right).$$

On en déduit facilement la valeur de u sur l'aile (u est proportionnel au coefficient de pression)

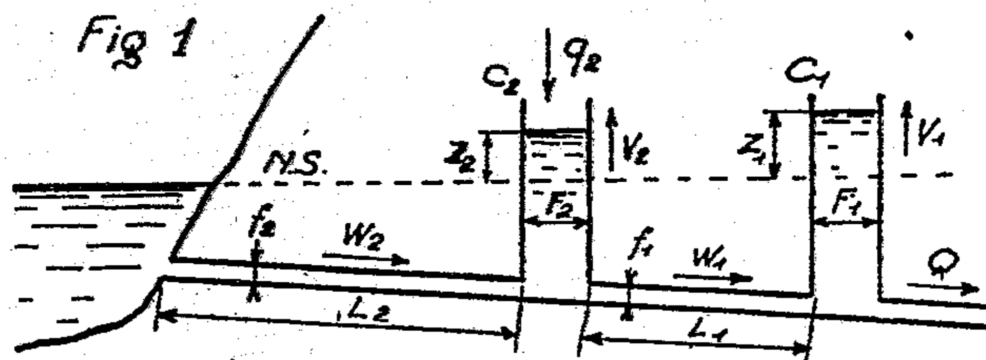
$$u = \frac{\delta}{\pi\beta\sqrt{n^2 - 1}}\operatorname{Log}\frac{\sqrt{n^2 - t^2} - \sqrt{n^2 - 1}}{\sqrt{n^2 - t^2} + \sqrt{n^2 - 1}},$$

en posant sur l'aile $\operatorname{ch}\zeta = n/t$ et $n = \operatorname{ch}\alpha$, ceci afin de retrouver le résultat de M. Allen E. Puckett ([2]). On peut en effet écrire

$$u = -\frac{2\delta}{\pi\beta\sqrt{n^2 - 1}}\operatorname{Arg\,Ch}\left(n\sqrt{\frac{1 - \left(\frac{t}{n}\right)^2}{1 - t^2}}\right).$$

HYDRAULIQUE. — *Calcul des chambres d'équilibre dont le canal d'amenée collecte des débits d'apports. Cas où l'on néglige les pertes de charge.* Note ([1]) de M. LÉOPOLD ESCANDE, transmise par M. Charles Camichel.

1° Considérons, tout d'abord, le cas d'une chambre d'équilibre captant un seul débit d'apport, par une chambre intermédiaire de section F_2 que nous supposons en premier lieu quelconque. La figure 1 donne les notations. On



trouve facilement que, dans le cas d'un arrêt complet instantané du débit Q_0 absorbé par les turbines, Z_1 et Z_2 sont donnés par les expressions

$$Z_1 = A \sin \alpha t + B \sin \beta t,$$

$$Z_2 = A\left(1 - \frac{\alpha^2}{\omega_1^2}\right)\sin \alpha t + B\left(1 - \frac{\beta^2}{\omega_1^2}\right)\sin \beta t,$$

([2]) Voir l'article de cet auteur dans le *Journal of the Aeronautical Science* (septembre 1946). La méthode des sources utilisée par M. A. E. Puckett ne permet une détermination simple des vitesses que sur l'obstacle.

([1]) Séance du 6 janvier 1947.

avec

$$A = \frac{Q_0}{\alpha F_1} \frac{\omega_1^2 - \beta^2}{\alpha^2 - \beta^2}, \qquad B = \frac{Q_0}{\beta F_1} \frac{\alpha^2 - \omega_1^2}{\alpha^2 - \beta^2},$$

$$\omega_1^2 = \frac{g f_1}{L_1 F_1}, \qquad \omega_2^2 = \frac{g f_2}{L_2 F_2}, \qquad K^2 = \frac{F_1}{F_2},$$

$$\left.\begin{matrix}\alpha\\ \beta\end{matrix}\right\} = \sqrt{\frac{\omega_2^2 + \omega_1^2(1 + K^2) \pm \sqrt{[\omega_2^2 + \omega_1^2(1 + K^2)]^2 - 4\omega_1^2\omega_2^2}}{2}}.$$

Ces expressions sont rigoureusement identiques à celles que nous avions obtenues en traitant le même problème, en l'absence du débit d'apport q_2 ([2]).

Tout se passe donc, au point de vue des oscillations, comme si, aucun apport n'intervenant en cours de route, le débit Q_0 *des turbines provenait en totalité de la prise d'eau.*

2° Examinons maintenant le même problème en supposant la section F_2 du puits de captation assez faible pour qu'on puisse négliger, dans les relations de continuité, les accumulations positives ou négatives qui se produisent dans ce puits, du fait des oscillations. On obtient dans ce cas, pour une fermeture complète instantanée du débit Q_0, l'expression suivante

$$Z_1 = Z'_* \sin 2\pi \frac{t}{T'},$$

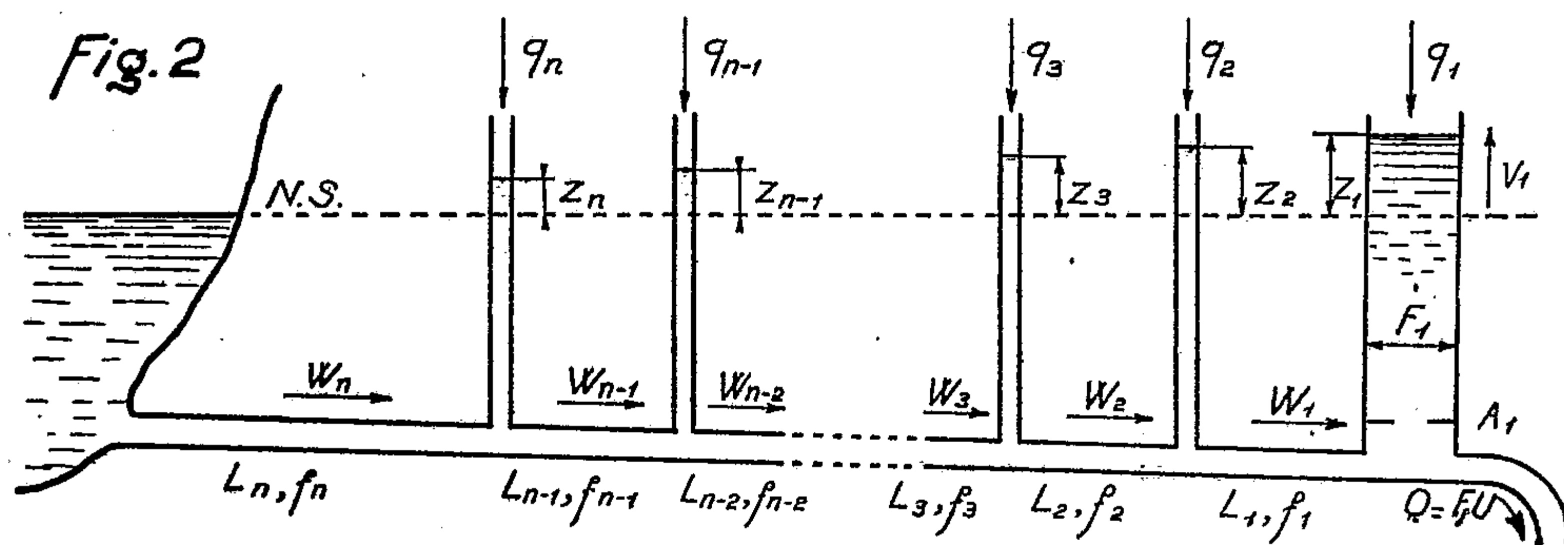
avec

$$T' = 2\pi \sqrt{\left(\frac{L_2}{f_2} + \frac{L_1}{f_1}\right)\frac{F_1}{g}}, \qquad Z'_* = \frac{Q_0}{F_1} \times \frac{T'}{2\pi}.$$

L'oscillation est la même que si, le puits intermédiaire et le débit d'apport n'existant pas, le débit total des turbines parcourait toute la longueur du canal d'amenée, au lieu d'être, pour partie, injecté en un point de ce canal.

On trouve, pour les oscillations dans le puits,

$$Z_2 = \alpha_2 Z_1 \quad \text{avec } \alpha_2 = \frac{L_2}{f_2} : \frac{L_1}{f}.$$



3° Considérons enfin un canal d'amenée collectant $n-1$ débits d'apport constants, la chambre d'équilibre recevant, elle-même, un débit d'apport q_1; les

([2]) *Comptes rendus,* **213**, 1941, p. 57-59.

notations sont données par la figure 2. Nous supposons que les sections des puits de captation sont négligeables vis-à-vis de celle de la chambre d'équilibre.

L'étude de l'arrêt complet instantané du débit Q_0 des turbines, effectuée comme les précédentes, en négligeant les pertes de charge, conduit aux expressions suivantes :

$$Z_1 = Z'_* \sin 2\pi \frac{t}{T'}$$

avec

$$T' = 2\pi \sqrt{\left(\frac{L_1}{f_1} + \ldots + \frac{L_n}{f_n}\right)\frac{F_1}{g}}, \qquad Z'_* = \frac{Q_0}{F_1}\frac{T'}{2\pi}.$$

Le phénomène est identique à celui que l'on observerait si, les puits de captation et les débits d'apport n'existant pas, le débit des turbines provenait en totalité de la prise d'eau et parcourait toute la longueur du canal d'amenée. Ce résultat généralise le précédent et celui que nous avions déjà indiqué dans une Note antérieure ([3]).

On trouve, pour les puits de captation,

$$Z_{n-1} = \alpha_n Z_1, \qquad \text{avec } \alpha_n = \frac{L_n}{f_n} : \left[\frac{L_n}{f_n} + \ldots + \frac{L_1}{f_1}\right],$$

. . . . ,

$$Z_i = \alpha_i Z_1, \qquad \text{avec } \alpha_i = \left[\frac{L_n}{f_n} + \ldots + \frac{L_i}{f_i}\right] : \left[\frac{L_n}{f_n} + \ldots + \frac{L_1}{f_1}\right],$$

. . . . ,

$$Z_2 = \alpha_2 Z_1, \qquad \text{avec } \alpha_2 = \left[\frac{L_n}{f_n} + \ldots + \frac{L_2}{f_2}\right] : \left[\frac{L_n}{f_n} + \ldots + \frac{L_1}{f_1}\right].$$

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur la réflexion des corpuscules de spin $h/2\pi$.* Note de M. **Gérard Petiau**.

Nous considérons un faisceau incident de corpuscules de spin $h/2\pi$, monocinétiques, dont les trajectoires sont parallèles au plan XOZ et rencontrent le plan YOZ, (X = o), sous l'incidence i. Dans la région $x < 0$, le potentiel est nul tandis que dans la région $x > 0$, les corpuscules sont soumis au potentiel scalaire constant positif $V = (h/2\pi)U$.

La fonction d'onde $\psi_{i_1 i_2}$ du corpuscule de spin $h/2\pi$ est solution dans le premier milieu de l'équation d'ondes

$$(1)\qquad \left\{\frac{1}{i}\frac{1}{c}\partial_t(A_0^+) + \Sigma_p\left(-\frac{1}{i}\right)\partial_p(A_p^+) + k_0 A_4^+\right\}_{i_1 i_2, m_1 m_2} \psi_{m_1 m_2} = 0$$

et dans le second milieu de l'équation

$$(2)\qquad \left\{\left[\frac{1}{i}\frac{1}{c}\partial_t - U\right](A_0^+) + \Sigma_p\left(-\frac{1}{i}\right)\partial_p(A_p^+) + k_0 A_4^+\right\}_{i_1 i_2, m_1 m_2} \psi_{m_1 m_2} = 0$$

([3]) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1334.

avec

$$A_0^4 = \frac{1}{2}[(\alpha_0)_{i_1m_1}(\alpha_4)_{i_2m_2} + (\alpha_4)_{i_1m_1}(\alpha_0)_{i_2m_2}]; \qquad A_p^4 = \frac{1}{2}[(\alpha_p)_{i_1m_1}(\alpha_4)_{i_2m_2} + (\alpha_4)_{i_1m_1}(\alpha_p)_{i_2m_2}],$$

$$A_4^4 = (\alpha_4)_{i_1m_1}(\alpha_4)_{i_2m_2}; \qquad k_0 = \frac{2\pi}{h} m_0 c.$$

Nous représentons le faisceau incident, que nous supposons donné, par l'onde plane, solution de (1),

$$\psi_i = \mathfrak{A}_i \, e^{i[kct - |\vec{k}|(x\cos i + z \sin i)]} = \mathfrak{A}_i \, e^{i[kct - k_x x - k_z z]}.$$

Cette onde rencontrant le plan YOZ donne naissance dans le premier milieu à une onde plane réfléchie ψ_r et dans le second à une onde transmise ψ_t, qui, le potentiel étant constant, est également une onde plane.

Supposant le plan de discontinuité du potentiel $X = 0$ limite d'une zone de passage infiniment mince dans laquelle U est une fonction croissant rapidement, les terme en $\partial/\partial x$ doivent avoir les mêmes valeurs de part et d'autre de cette zone, ce qui nous conduit à l'équation de passage

$$(A_x^4)\psi_{i|x=0} + (A_x^4)\psi_{r|x=0} = (A_x^4)\psi_{t|x=0}.$$

La continuité des phases nous donne alors avec

$$k^2 = k_x^2 + k_z^2 + k_0^2, \qquad |\vec{k'}|^2 = (k - U)^2 - k_0^2 = k_x'^2 + k_z^2,$$

les expressions des ondes réfléchies et transmises

$$\psi_r = \mathfrak{A}_r \, e^{i[kct + k_x x - k_z z]}, \qquad \psi_t = \mathfrak{A}_t \, e^{i[kct - k'_x x - k_z z]}.$$

Suivant les valeurs relatives de k, U, i, nous avons différents cas à considérer, analogues à ceux que l'on rencontre dans la discussion de la réflexion des ondes électroniques qui conduit au paradoxe bien connu de Klein. Nous supposerons ici que nous sommes dans un cas où l'on a $(k - U)^2 - k_0^2 > 0$, c'est-à-dire soit $k_0 < k < U - k_0$, soit $k > U + k_0$, avec $k_z^2 < |\vec{k'}|^2$ et k'_x réel.

Nous déterminerons les amplitudes $\mathfrak{A}_r$ et $\mathfrak{A}_t$ en fonction de $\mathfrak{A}_i$ à partir des équations

(3) $$E_i \mathfrak{A}_i = [k A_0^4 + k_x A_x^4 + k_z A_z^4 + k_0 A_4^4] \mathfrak{A}_i = 0,$$

(4) $$E_r \mathfrak{A}_r = [k A_0^4 - k_x A_x^4 + k_z A_z^4 + k_0 A_4^4] \mathfrak{A}_r = 0,$$

(5) $$E_t \mathfrak{A}_t = [[k - U] A_0^4 + k'_x A_x^4 + k_z A_z^4 + k_0 A_4^4] \mathfrak{A}_t = 0,$$

(6) $$A_x^4 \mathfrak{A}_i + A_x^4 \mathfrak{A}_r = A_x^4 \mathfrak{A}_t.$$

Dans les zones $x < 0$ et $x > 0$ (mais non pas dans la zone de passage), les équations (3), (4), (5) peuvent être remplacées par les systèmes de deux équations de Dirac

$$e_i^\nu \mathfrak{A}_i = [k + k_x \alpha_x + k_t \alpha_3 + k_0 \alpha_4] \mathfrak{A}_i = 0, \qquad e_r^\nu \mathfrak{A}_r = [k - k_x \alpha_x + k_t \alpha_3 + k_0 \alpha_4] \mathfrak{A}_r = 0,$$

$$e_t^\nu \mathfrak{A}_t = [k - U + k'_x \alpha_x + k_t \alpha_3 + k_0 \alpha_4] \mathfrak{A}_t \qquad (\nu = 1, 2).$$

1° *Calcul de* $\mathcal{A}_t$. — Nous multiplions l'équation (6) par l'opérateur $f_r^1 f_r^2$ tel que

$$f_r\alpha_x = \alpha_x e_r = \alpha_x[e_t - 2k_x\alpha_x] = \alpha_x[e_t + \mathrm{U} - (k'_x + k_x)\alpha_x],$$
$$f_r\alpha_4 = [k - k_x\alpha_x - k_t\alpha_t - k_0\alpha_4]\alpha_4 = \alpha_4[e_t - 2k_0\alpha_4] = \alpha_4[e_t + \mathrm{U} + (k_x - k'_x)\alpha_x - 2k_0\alpha_4].$$

Nous obtenons alors immédiatement

$$8k_xk_0\mathcal{A}_t = \left\{[\mathrm{U}\alpha_x^{(1)} - (k'_x + k_x)][\mathrm{U}\alpha_4^{(2)} + (k_x - k'_x)\alpha_{4x}^{(2)} - 2k_0] + \text{symétrique}\right\}\mathcal{A}_t.$$

A partir de cette équation, nous tirerons $\mathcal{A}_t$ en fonction de $\mathcal{A}_i$ en la multipliant successivement par $\mathrm{F}^{(1)}\mathrm{F}^{(2)}$ et $\mathrm{G}^{(1)}\mathrm{G}^{(2)}$, où

$$\mathrm{F} = [\mathrm{U}\alpha_x + (k'_x + k_x)], \qquad \mathrm{G} = [\mathrm{U}\alpha_4 + (k_x - k'_x)\alpha_{4x} + 2k_0].$$

Par combinaison, nous obtenons après réduction

$$2\frac{(k'_x + k_x)}{k_x}\mathcal{A}_t = \left\{\frac{[\mathrm{U}\alpha_x^{(1)} + (k'_x + k_x)][\mathrm{U}\alpha_x^{(2)} + (k'_x + k_x)]}{k_x(k_x + k'_x) - k\mathrm{U}} + \frac{[\mathrm{U}\alpha_4^{(1)} + (k'_x - k_x)\alpha_{x4}^{(1)} + 2k_0][\mathrm{U}\alpha_4^{(2)} + (k'_x - k_x)\alpha_{x4}^{(2)} + 2k_0]}{k_x(k'_x - k_x) + k\mathrm{U} - 2k_0^2}\right\}\mathcal{A}_i.$$

2° *Calcul de* $\mathcal{A}_r$. — Nous multiplions (6) par $f_t^1 f_t^2$, où

$$f_t\alpha_x = \alpha_x e_t = \alpha_x[e_i - \mathrm{U} + (k'_x - k_x)\alpha_x] = \alpha_x[e_r - \mathrm{U} + (k'_x + k_x)\alpha_x],$$
$$f_t\alpha_4 = \alpha_4[e_i - \mathrm{U} - (k'_x + k_x)\alpha_x - 2k_0\alpha_4] = \alpha_4[e_r - \mathrm{U} - (k'_x - k_x)\alpha_2 - 2k_0\alpha_4].$$

Nous obtenons alors entre $\mathcal{A}_i$ et $\mathcal{A}_r$ la relation

$$\left\{[(k'_x - k_x) - \mathrm{U}\alpha_x^{(1)}][(k'_x + k_x)\alpha_{x4}^{(2)} - \mathrm{U}\alpha_4^{(2)} - 2k_0] + \text{sym}\right\}\mathcal{A}_t$$
$$+\left\{[(k'_x + k_x) - \mathrm{U}\alpha_x^{(1)}][(k'_x - k_x)\alpha_{x4}^{(2)} - \mathrm{U}\alpha_4^{(2)} - 2k_0] + \text{sym}\right\}\mathcal{A}_r = 0.$$

Multipliant cette équation successivement par $\mathrm{F}^{(1)}\mathrm{F}^{(2)}$, et par

$$[(k'_x - k_x)\alpha_{x4}^{(1)} - \mathrm{U}\alpha_4^{(1)} + 2k_0][(k'_x - k_x)\alpha_{x4}^{(2)} - \mathrm{U}\alpha_4^{(2)} + 2k_0],$$

nous obtenons après réduction l'amplitude de $\mathcal{A}_r$ en fonction de $\mathcal{A}_i$ par l'expression

$$4k_0(k'_x + k_x)\mathcal{A}_r$$
$$= \left\{\frac{\mathrm{U}(k + k_x\alpha_x^{(1)})\left[k_0[\mathrm{U}\alpha_x^{(2)} + (k'_x + k_x)] - [k_x(k'_x + k_x) - k\mathrm{U}]\alpha_{x4}^{(2)}\right] + \text{sym}}{k_x(k'_x + k_x) - k\mathrm{U}} + \frac{\left\{\begin{array}{l}[\mathrm{U}(k + k_x\alpha_x^{(1)}) + 2k_0(k_x\alpha_{x4}^{(1)} - k_0)] \\ \quad \times \left[[k_x(k'_x - k_x) + k\mathrm{U}]\alpha_{x4}^{(2)} + k_0[\mathrm{U}\alpha_x^{(2)} - (k'_x - k_x)]\right]\end{array}\right\} + \text{sym}}{k_x(k'_x - k_x) + k\mathrm{U} - 2k_0^2}\right\}\mathcal{A}_i.$$

THERMODYNAMIQME. — *Influence de la nature du mélange combustible sur la vitesse des gaz éjectés par une tuyère.* Note (¹) de M. **Max Serruys**, présentée par M. Albert Caquot.

Désignons par $p_1 v_1 T_1$ et $\mathfrak{M}_1$ la pression, le volume spécifique, la température absolue et la masse moléculaire moyenne en amont de la tuyère et admettons que l'on peut, pour la facilité de la discussion, confondre la loi de détente avec une polytropique d'exposant K.

Pour une pression aval p_2, la vitesse W_3 des gaz éjectés est évidemment définie par l'équation

$$(1)\qquad \frac{W_2^2}{2g} = p_1 v_1 \frac{K}{K-1}\left[1-\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{K-1}{K}}\right] = \frac{\mathcal{R}}{\mathfrak{M}_1} T_1 \frac{K}{K-1}\left[1-\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{K-1}{K}}\right],$$

ce qui montre que l'énergie cinétique des gaz éjectés est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle au quotient de la température de combustion T_1 par la masse moléculaire moyenne $\mathfrak{M}_1$ des gaz brûlés. Il est évident que T_1, $\mathfrak{M}_1$ et K varient simultanément avec la nature du mélange et en particulier que, si T_1 reste constant (par exemple du fait de la dissociation), K doit diminuer quand la chaleur dégagée par la combustion augmente.

1° Supposons constantes la température T_0 avant combustion, la chaleur Q_c réellement dégagée par unité de poids pendant la combustion ainsi que la chaleur spécifique moléculaire moyenne $\mathcal{C}$ des gaz brûlés dans l'intervalle $T_0 T_1$. On a évidemment

$$T_1 = T_0 + T_1 - T_0 = T_0 + Q_c \mathfrak{M}_1 / \mathcal{C}_{T_0}^{T_1},$$

d'où

$$(2)\qquad \frac{W_2^2}{2g} = \left[\frac{\mathcal{R}}{\mathfrak{M}_1} T_0 + \mathcal{R}(Q_c/\mathcal{C}_{T_0}^{T_1}\right] \frac{K}{K-1}\left[1-\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{K-1}{K}}\right].$$

La formule (2) montre qu'à égalité de chaleur spécifique moléculaire moyenne des gaz brûlés, l'énergie cinétique des gaz est, toutes choses égales d'ailleurs, faiblement influencée par la valeur de la masse moléculaire moyenne des gaz brûlés (à égalité de chaleur réellement dégagée pendant la combustion Q_c).

2° Si l'on désigne par Q_d et Q_r les quantités de chaleur dégagées *par réaction chimique* et par unité de poids pendant la détente et ultérieurement, et par $\mathcal{P}_i$ le pouvoir calorifique inférieur du mélange combustible, on a d'ailleurs

$$Q_c = \mathcal{P}_i - Q_d - Q_r.$$

Comme la température aval T_2 est toujours beaucoup plus basse que la température amont T_1, la dissociation est généralement faible à cette tempé-

(¹) Séance du 6 janvier 1947.

rature, en sorte qu'on peut négliger sinon Q_r au moins les variations de Q_r devant $\mathcal{E}_i$ ou Q_d. Quand $\mathcal{E}_i$ augmente, on peut donc admettre que Q_d tend à croître parallèlement. Le dégagement de chaleur correspondant tend à diminuer la valeur de K, mais la réassociation d'où il résulte tend à augmenter K (par réduction du nombre de molécules). Il y a donc lieu de se demander comment K varie quand $\mathcal{E}_i$ et Q_d augmentent. Cette question est heureusement résolue par notre précédente Communication.

Si $d[(Q_d)/CT] > |dn/n|$ (ce qui sera le cas le plus fréquent), K diminuera quand Q_d augmentera, et la vitesse d'éjection augmentera par conséquent avec $\mathcal{E}_i$. Ce sera le contraire si $d[(Q_d)/CT] < |dn/n|$.

3° Reste à se demander quelle peut être l'influence propre de la chaleur moléculaire moyenne des gaz brûlés sur la vitesse d'éjection; pour cela, il suffit d'écrire

$$\frac{W_2^2}{2g} = \frac{\mathcal{R}}{\mathfrak{M}_1} T_0 \frac{K}{K-1}\left[1-\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{K-1}{K}}\right] + \frac{\mathcal{R} Q_c}{\mathcal{C}_{T_0}^{T_1}} \frac{\gamma}{\gamma-1} \frac{K/(K-1)}{\gamma/(\gamma-1)}\left[1-\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{K-1}{K}}\right]$$

ou

$$(3) \quad \frac{W_2^2}{2g} = \frac{\mathcal{R}}{\mathfrak{M}_1} T_0 \frac{K}{K-1}\left[1-\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{K-1}{K}}\right] + EQ_c \frac{K/(K-1)}{\gamma/(\gamma-1)}\left[1-\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{K-1}{K}}\right].$$

Toutes choses égales d'ailleurs et si l'on admet que K/γ reste sensiblement constant, on voit que tout accroissement de la chaleur spécifique moléculaire moyenne des gaz brûlés tend à diminuer K, donc γ, donc à accroître le premier terme et à diminuer le second.

En règle générale, le second terme étant de beaucoup le plus important, la vitesse d'éjection diminuera donc, toutes choses égales d'ailleurs, quand la chaleur moléculaire moyenne des gaz brûlés diminuera.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur un amplificateur électronique à onde guidée dans un milieu de constante diélectrique élevée.* Note [1] de M. RICHARD WALLAUSCHEK.

Dans un guide cylindrique, dont presque toute la section est remplie d'un diélectrique de constante diélectrique ε_0 très élevée, se propage une onde guidée du type électrique longitudinal (E_0) dont la vitesse de phase est alors beaucoup plus petite que la vitesse de la lumière. Autour de l'axe électrique du guide, où existent surtout des composantes électriques axiales et où celles-ci prennent leur maximum, se trouve un cylindre vide qui est parcouru dans la direction de la propagation de l'onde par un faisceau électronique de

---

[1] Séance du 6 janvier 1947.

vitesse v_0 très voisine de la vitesse de phase de l'onde et de densité linéaire ρ_0. La section sans diélectrique étant assez petite, la composante électrique axiale dans le cylindre sera presque la même que si toute la section du guide était remplie de diélectrique, cette composante étant approximativement parallèle à la surface de ce diélectrique. On cherche les ondes se propageant dans le guide en interaction avec le faisceau.

Pour cela, on dispose des équations de Maxwell :

$$(1) \qquad \text{rot}\,\vec{\mathcal{H}} = \frac{\partial \varepsilon \vec{\mathcal{E}}}{\partial t} + 4\pi\rho v, \qquad \text{div}\,\vec{\mathcal{H}} = 0,$$

$$(2) \qquad \text{rot}\,\vec{\mathcal{E}} = -\frac{\partial \mu \vec{\mathcal{H}}}{\partial t} \qquad \text{div}\,\varepsilon\vec{\mathcal{E}} = 4\pi\rho,$$

de l'équation de Newton-Euler et de celle de la conservation de la charge

$$(3) \qquad \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v}\,\nabla)\,\vec{v} = \frac{e}{m}\vec{\mathcal{E}},$$

$$(4) \qquad \frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}\,(\rho\vec{v}) = 0.$$

[Les notations utilisées sont classiques.]

On admet l'existence de solutions pour $\vec{\mathcal{E}}$, $\vec{\mathcal{H}}$, $\vec{v}$, $\vec{\rho}$ qui se composent d'une partie indépendante du temps et d'une partie sinusoïdale d'amplitude $\vec{E}_1$, $\vec{H}_1$, $\vec{v}_1$, $\vec{\rho}_1$, dont les valeurs caractérisent le problème.

J'obtiens la solution au premier ordre près en $|\vec{v}_1|/|\vec{v}_0|$ et ρ_1/ρ_0 qui sont supposés $\ll 1$. On suppose en outre dans l'étude du faisceau que la composante électrique axiale est constante pour toute la section du faisceau et la vitesse des électrons toujours parallèle à l'axe, ce qu'on réalise par exemple par une focalisation magnétique.

La méthode de calcul est la suivante : pour chacune des deux ondes se propageant en sens contraire dans le guide sans faisceau $\vec{E}_1^\star$ et $\vec{E}_1'^\star$ (ondes primitives), on essaie une solution pour l'onde modifiée par le faisceau de la forme

$$(5) \qquad \vec{E}_1 = \vec{E}_1^\star e^{\gamma' z}, \qquad \vec{E}'_1 = \vec{E}_1'^\star e^{\gamma' z}.$$

On applique cette solution d'abord à la section du faisceau avec une expression analogue pour la vitesse

$$(6) \qquad \vec{v}_1 = \vec{v}_1^\star e^{\gamma' z}.$$

Alors on cherche à raccorder les phénomènes dans le diélectrique et ceux dans le faisceau par une application approximative du théorème d'Ampère.

On trouve pour la constante de propagation additive :

$$\gamma' = \beta' + j\alpha', \tag{7}$$

dont les solutions sont les suivantes : *a*. pour les ondes progressives :

D'une part,

$$\begin{cases} \alpha'_{1,2} = -j\sqrt[3]{B}\dfrac{1}{2}, \\ \beta'_{1,2} = \pm\sqrt[3]{B}\dfrac{\sqrt{3}}{2}, \end{cases} \tag{8}$$

avec

$$B = \sqrt[3]{\frac{-\rho_0}{v_0(2\varepsilon_0 - 1)\omega}K},$$

K étant une constante positive dépendant de la géométrie du tube et des unités.

D'autre part,

$$\begin{cases} \alpha'_3 = j\sqrt[3]{B}, \\ \beta'_3 = 0. \end{cases} \tag{9}$$

b. pour l'onde réfléchie γ' est imaginaire pur. On montre donc l'existence de deux ondes, l'une d'amplitude croissante, l'autre d'amplitude décroissante, valables pour un petit domaine de vitesse du faisceau autour de la vitesse de phase de l'onde primitive, ces ondes ayant une vitesse de phase inférieure à la vitesse du faisceau et de deux ondes d'amplitude constante (onde progressive et onde réfléchie) en absence de tout affaiblissement dans le guide, dont la vitesse de phase est supérieure à la vitesse des électrons. Par combinaison de ces quatre ondes on peut satisfaire aux conditions aux limites aux extrémités du guide.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption infrarouges de produits de polymérisation d'hydrocarbures*. Note [1] de MM. **Jean Lecomte, Jacob J. Leendertse** et **Hein I. Waterman**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les produits de polymérisation ont été préparés au Laboratoire de Chimie industrielle de Delft, qui a déterminé par ailleurs d'autres constantes physiques, concernant leur structure chimique. Ces recherches, proposées dès 1938 par ce Laboratoire, terminées en 1939, mais non publiées par suite des circonstances, ont été effectuées, ainsi que leur interprétation, au Laboratoire de Physique de la Sorbonne. Avec la technique habituelle, entre 550 et 1400$^{\text{cm}^{-1}}$ environ, sans difficulté, même quand il s'agissait de produits fluorescents, nous avons examiné une trentaine d'échantillons, qui se classent de la manière suivante :

---

[1] Séance du 6 janvier 1947.

Séries des échantillons.	Hydrocarbures polymérisés.	Traitement ultérieur.	Nombre d'échantillons.	Points d'ébullition.	Poids moléculaires.	Références.
I...	Pentène-2	Hydrogénation	7	35 à 110° C.	235 à 408	(1)
II...	Isopentènes (*)	»	7	(vide cathodique)	155 379	(2)
III...	»	Sans hydrogénation	4	–	225 390	(2)
IV...	Cyclohexène	Sans »	3	–	200 265	(3)
		Après »	4	–	170 420	(3)
V...	Tétrahydro-naphtalène	Hydrogénation	3	–	235 289	(4)
VI...	Pinène	Sans hydrogénation	1	–	–	(5)
VII...	Hexadécène	Sans ou après hydrogénation	3	–	235 1482	(6)

(*) Composés principalement de triméthyléthylène et de méthyléthyléthylène asymétrique.

Références. — (1) H. I. Waterman, J. J. Leendertse et W. W. Kalzinga, *Rec. Trav. chim., Pays-Bas*, 54, 1935, pp. 79-84; (2) H. I. Waterman, J. J. Leendertse et J. Ph. Makking, *J. Inst. Petroleum Technol.*, 22, 1936, pp. 333-340; (3) H. I. Waterman, J. J. Leendertse et A. C. Ter Poorten, *Rec. Trav. chim., Pays-Bas*, 54, 1935, pp. 245-248; (4) H. I. Waterman, J. J. Leendertse et J. B. Nieman, *Rec. Trav. chim., Pays-Bas*, 56, 1937, pp. 59-64; (5) H. I. Waterman, J. J. Leendertse et W. A. A. Blanche Koelensmid, *Rec. Trav. chim., Pays-Bas*, 55, 1936, pp. 7-12; (6) H. I. Waterman et J. J. Leendertse, *J. Inst. Petroleum Technol.*, 24, 1938, pp. 16-37.

1° *L'étude du spectre d'absorption infrarouge de ces produits de polymérisation d'hydrocarbures permet de mettre en évidence la nature des composés obtenus.* Pour ceux qui sont indiqués sous les numéros I, II, III, il s'agit d'hydrocarbures aliphatiques à chaîne ramifiée. La position des maxima se présente comme différente avec (I) d'une part, ou avec (II) ou (III) d'autre part. Dans le premier cas, nos déterminations indiquent qu'il s'agit d'hydrocarbures à chaîne relativement peu ramifiée. Pour ces identifications, le diagnostic de la longueur de la chaîne sans ramifications se fait, comme d'habitude, entre 7-9 et 13-14 μ, celui de la position de la liaison éthylénique entre 10 et 12 μ. Par contre, les naphtènes, dont la présence s'établit avec d'autres méthodes physicochimiques, ne se décèlent pas nettement dans nos mesures.

Les échantillons IV contiennent des produits de polymérisation pure (dicyclohexyle, tricyclohexyle, ...) mais aussi des polymères du genre des hydroanthracènes qu'il n'était pas facile de mettre en évidence sans le spectre infrarouge.

Une petite quantité de décahydronaphtalène, un composé anthracénique saturé, et probablement aussi des hydrocarbures du groupe du phénanthrène se trouvent dans les échantillons V.

Le spectre d'absorption du pinène ne ressemble à celui d'aucun autre hydrocarbure; il en est de même de celui de l'échantillon VI (solide jaunâtre).

L'hexadécène donne, par polymérisation, des hydrocarbures très peu rami-

fiés ou à chaîne entièrement droite. L'aspect des spectres rappelle ceux de l'hentriacontane, du méthyl-16 hentriacontane et du méthyl-13 pentacosane qui sont donnés ailleurs.

2° *Lorsque l'on examine, dans une même série, des produits de polymérisation possédant des poids moléculaires très différents, ni la position des maxima, ni leur intensité ne varient de façon notable.* Il n'est donc pas possible, comme l'avaient signalé différents auteurs pour d'autres substances, de suivre les progrès de la polymérisation, en déterminant la longueur des chaînes carbonées ou le nombre des cycles.

Nos spectres caractérisent donc, non pas la molécule tout entière, mais un *motif*, qui se reproduit un plus ou moins grand nombre de fois, pour arriver à des poids moléculaires élevés. Ce résultat, qui se retrouve d'ailleurs avec d'autres substances comme les protéines, les tissus d'animaux, et, d'une manière générale, de grosses molécules, présente deux avantages pratiques :

a. Si au lieu du spectre d'un *motif*, nous décelions celui de la molécule tout entière, nous arriverions à un très grand nombre de maxima d'absorption qui resteraient, ou bien confondus, ou bien impossibles à interpréter;

b. La présence du *motif* permet de mettre immédiatement en évidence la manière dont se fait la polymérisation dans chaque cas.

En résumé : les spectres d'absorption infrarouges sont applicables et intéressants pour étudier les produits de polymérisation obtenus à partir d'hydrocarbures non saturés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Réactions d'échanges entre dérivés arséniés et thioarséniés. Influence du solvant.* Note (1) de M^{lle} **Monique Martin**, M^{me} **Pascaline Daudel**, MM. **Raymond Daudel** et **Pierre Magnier**.

Nous avons appliqué la méthode des indicateurs radioactifs à l'étude des réactions d'échange qui prennent naissance entre divers arséniates et thioarsénites ou thioarséniates dans des conditions variées.

Le radioarsenic a été préparé par effet Szilard à partir de l'arséniate de sodium (2).

Voici les résultats obtenus :

1° Thioarséniate d'ammonium dissous dans l'eau + thioarséniate de cadmium précipité → échange complet en moins de deux minutes.

2° Thioarsénite d'ammonium dissous dans l'eau + thioarséniate de cadmium précipité → échange complet en moins de deux minutes.

3° Thioarséniate d'ammonium dissous dans l'eau + arséniate d'ammonium dissous → échange très faible ou nul en 20 minutes.

---

(1) Séance du 6 janvier 1947.

(2) R. Daudel, *Comptes rendus*, **214**, 1942, pp. 545-547.

4° Thioarsénite d'ammonium dissous dans l'eau + arséniate d'ammonium dissous → échange très faible ou nul.

5° Pentasulfure d'arsenic précipité + arséniate d'ammonium dissous dans l'eau :

		%
Échange apparent en	45 minutes	0,8
»	114 heures	5

→ Échange lent ou phénomènes d'adsorption.

6° Trisulfure d'arsenic précipité + arséniate d'ammonium dissous dans l'eau :

		%
Échange apparent en	11 minutes	0,6
»	80 minutes	1,8
»	23 heures	2,2
»	64 heures	7
»	112 heures	9,8

→ Échange lent ou phénomènes d'adsorption.

7° Arsénite d'argent précipité + Arsénite de sodium dissous dans l'eau [3] :

		%
Échange en	10 minutes	< 3
»	2 heures	< 9

8° Pentasulfure d'arsenic dissous dans NH_3 *liquéfié* + arséniate d'ammonium peu soluble → échange d'environ 50 % en 40 minutes.

9° Trisulfure d'arsenic dissous dans NH_3 *liquéfié* + arséniate d'ammonium peu soluble.

Échange d'environ 50 % en 40 minutes.

En résumé, on peut dire que tandis qu'il y a échange facile dans le cas des systèmes renfermant uniquement des ions thioarséniés, il n'y a pas d'échange ou des échanges très lents dans les systèmes renfermant un ion arsénié et un ion thioarsénié, ou deux ions arséniés en milieu aqueux.

Le remplacement de l'eau par l'ammoniac liquide semble rendre possible ou tout au moins accélérer les réactions d'échanges dans ce deuxième groupe de systèmes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude physicochimique sur la constitution des hétéropolyacides. (Acide phospho-12 tungstique et acide phospho-12 molybdénique).* Note [1] de MM. **Raluca Ripan** et **Candin Liteanu**.

Nous avons montré pour l'acide silico-12 tungstique [2] $[Si(W_2O_7)_6]H_8xH_2O$, l'existence d'une propriété nouvelle en solution aqueuse. Ainsi au lieu de la

(3) P. Daudel, *Revue scientifique*, 1946.

(1) Séance du 21 octobre 1946.

(2) *Bl. Acad. Roum.*, 27, 1945, p. 633; 28, 1946, p. 521.

dissociation classique des polyacides, l'acide silico-12 tungstique manifeste en solution aqueuse une dissociation sans étapes pour quatre ions d'hydrogène, propriété tout à fait nouvelle pour les polyacides, que nous avons proposé d'appeler *dissociation unique*.

Dans une étude analogue, en mesurant la variation de la concentration des ions d'hydrogène avec la dilution, nous avons retrouvé la même propriété pour l'acide phospho-12 tungstique (tableau I), (*fig.* 1; courbe A, variation du pH; courbe B, variation des H^+ dissociés), et pour l'acide phospho-12 molybdénique (tableau II), (*fig.* 1; courbe A′, variation du pH; courbe B′, variation des H^+ dissociés).

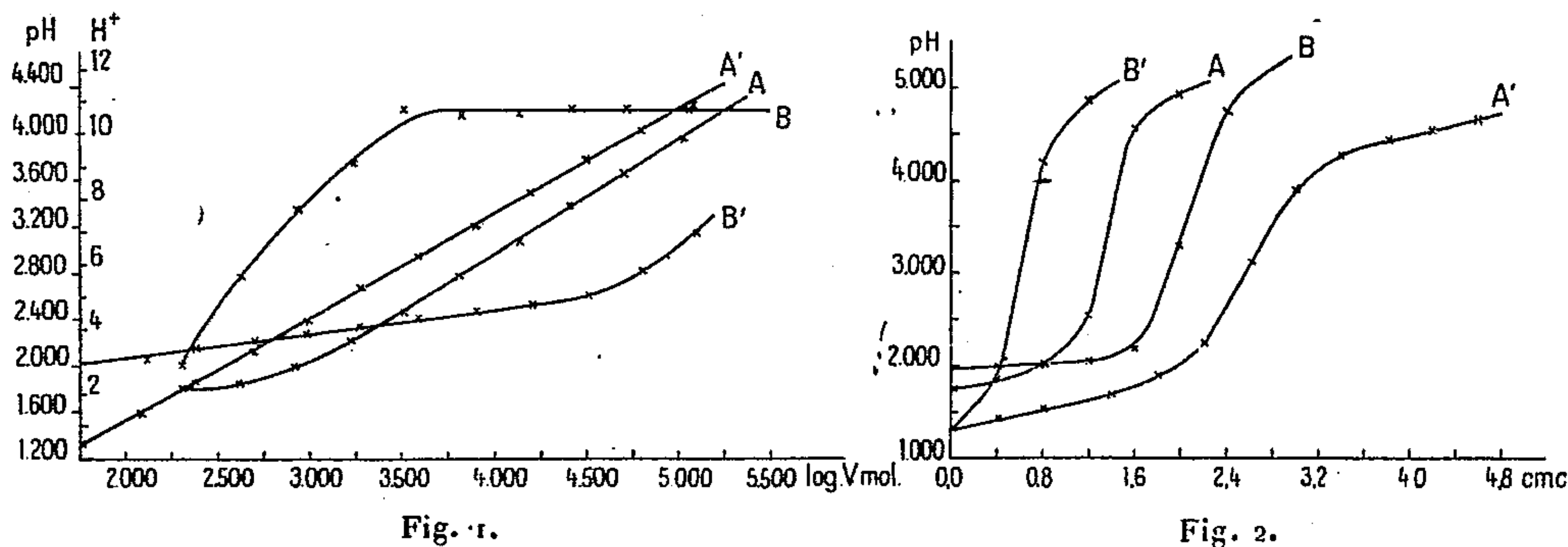


Fig. 1.

Fig. 2.

TABLEAU I. — *Variation de la dissociation des ions d'hydrogène de l'acide phospho-12 tungstique avec la dilution.*

Volume moléculaire.	pH.	Nombre des H^+ dissocié.	Volume moléculaire.	pH.	Nombre des H^+ dissocié.
200.....	1,825	2,9	12800.....	3,078	10,6
400.....	1,852	5,6	25600.....	3,375	10,7
800.....	2,011	7,7	51200.....	3,672	10,8
1600.....	2,240	9,1	102400.....	3,967	10,9
3200.....	2,470	10,7	204800.....	4,277	10,7
6400.....	2,785	10,4			

TABLEAU II. — *Variation de la dissociation des ions d'hydrogène de l'acide phospho-12 molybdénique avec la dilution.*

Volume moléculaire.	pH.	Nombre des H^+ dissocié.	Volume moléculaire.	pH.	Nombre des H^+ dissocié.
60.....	1,312	2,9	3840.....	2,953	4,4
120.....	1,590	3,1	7680.....	3,228	4,5
240.....	1,849	3,4	15360.....	3,502	4,8
480.....	2,123	3,6	30720.....	3,776	5,1
960.....	2,398	3,8	61440.....	4,021	5,8
1920.....	2,678	4,0	122880.....	4,241	7,0

On constate encore à partir des mesures ci-dessus que l'acide phospho-12 molybdénique est plus stable en solution aqueuse que l'acide phospho-12 tungstique.

Les deux hétéropolyacides possèdent 3 ions d'hydrogène qui subissent en solution aqueuse la dissociation unique.

Les études mentionnées pour l'acide silico-12 tungstique et l'étude présente confirment que les hétéropolyacides possèdent deux sortes de basicité.

Une basicité forte, identique à celle des acides forts, qui en solution aqueuse se manifeste par la dissociation unique d'un nombre donné d'ions d'hydrogène (4 pour l'acide silico-12 tungstique et 3 pour les acides phospho-12 tungstique et phospho-12 molybdénique), et une basicité faible, qui se manifeste dès que l'acidité forte est neutralisée ([3]).

Le tableau III nous montre que les phospho-12 tungstiques et les phospho-12 molybdates de pyridine et d'urotropine se forment pour le même pH que les chlorhydrates respectifs.

TABLEAU III.

Sel.	pH de formation.	Concentration.
ClH.Urtp	2,937	ClH $n/20$; Urtp $n/10$
ClH.Py	3,128	ClH $n/7,9132$; Py $n/5,8112$
$[P(W_2O_7)_6]H_7.Urtp_3$	3,389	l'acide $n/37,8854$; Urtp $n/4,889$
$[P(W_2O_7)_6]H_7.Py_3$	3,322	l'acide $n/54,4625$; Py $n/9,2192$
$[P(Mo_2O_7)_6]H_7.Urtp_3$	3,002	l'acide $n/20$; Urtp $n/10$
$[P(Mo_2O_7)_6]H_7.Py_3$	3,297	l'acide $n/20$; Py $n/5,8112$

Cette identité nous montre que les trois ions d'hydrogène correspondent à un acide fort.

Nous avons aussi trouvé que la courbe de neutralisation de ces deux hétéropolyacides est aussi analogue à celle d'un acide fort, mais trois fois plus concentré (*fig.* 2, courbe A; la neutralisation de l'acide phospho-12 tungstique avec l'Urtp et courbe B, avec Py; *fig.* 2, courbe A'; la neutralisation de l'acide phospho-12 molybdénique avec l'Urtp et courbe B', avec Py).

Ce comportement prouve que trois des atomes d'hydrogène se trouvent fixés différemment des autres dans la molécule de l'acide, mais tous les trois de la même manière.

Nos résultats sont en concordance avec les travaux de A. Bradley et J. W. Illingworth ([4]) qui, dans une étude röntgénographique sur le réseau cristallin de l'acide phospho-12 tungstique, ont déduit l'existence dans la molécule d'anions de la forme $(PW_{12}O_{40})^{-3}$, et de cations de la forme $(H_3.29H_2O)^{+3}$.

Cette considération explique aisément la nouvelle propriété (*la dissociation unique*) trouvée par nous pour les hétéropolyacides.

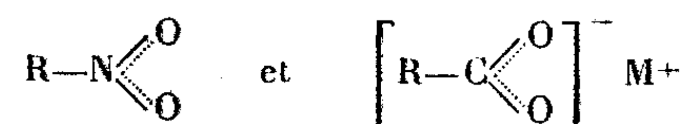
([3]) R. RIPAN et C. LITEANU, *Bl. Acad. Roum.*, 28, 1946, p. 521.

([4]) *Proc. Roy. Soc. London*, série A, **157**, 1936, p. 113.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Constitution des groupements esters du nitrate de cellulose.* Note [1] de MM. **Georges Champetier** et **Pierre L. Clément**, présentée par M. Louis Hackspill.

La constitution chimique des groupements — O — NO_2 du nitrate de cellulose peut se déduire de l'étude comparative des spectres d'absorption dans l'infrarouge, entre 5 et $8^{\mu},5$ de différentes séries de composés oxycarbonés et oxyazotés qui présentent des structures spectrographiques analogues, du fait de l'équivalence des masses atomiques susceptibles d'entrer en vibration :

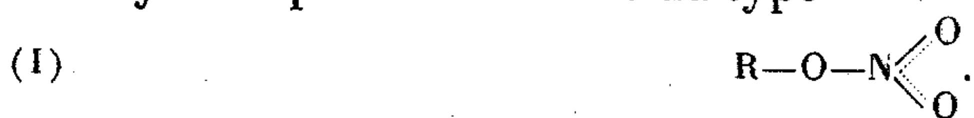
1° Les dérivés nitrés et les sels métalliques d'acides carboxyliques pour lesquels il est admis une résonance quantique entre les deux atomes d'oxygène liés à l'azote ou au carbone



présentent deux bandes d'absorption caractéristiques du groupement résonnant et respectivement situées à $6^{\mu},30$-$6^{\mu},50$ et $7^{\mu},00$-$7^{\mu},20$.

2° Les nitrites et les formiates organiques ont une structure R — O — N = O et R — O — C = O (C lié à H) identifiable par deux bandes d'absorption à $5^{\mu},80$-$6^{\mu},00$ et $8^{\mu},65$. Les bandes à $5^{\mu},80$ et $6^{\mu},00$ sont caractéristiques d'une double liaison >C = O et — N = O et assez indépendantes du radical hydrocarboné R.

3° Pour les nitrates alcooliques, de nombreux auteurs admettent une structure symétrique en résonance du type



Une constitution sous la forme peroxyde

a également été proposée [W. H. Bruhl [2]]. Cette formule, adoptée par H. Staudinger [3] pour le nitrate de cellulose, semble avoir été soupçonnée par L. Vignon [4] dans une étude du pouvoir réducteur des *nitrooxycelluloses*.

Enfin, on ne peut rejeter *a priori* la possibilité d'une troisième formule

qui respecte les coordinences des différents atomes en présence.

---

[1] Séance du 6 janvier 1947.

[2] *Ber. d. chem. Ges.*, **31**, 1898, p. 1350.

[3] *Über die Makromol. Chem. der cellulose nitrate* (Herder Druckerei, Fribourg in Brisgau, 1946).

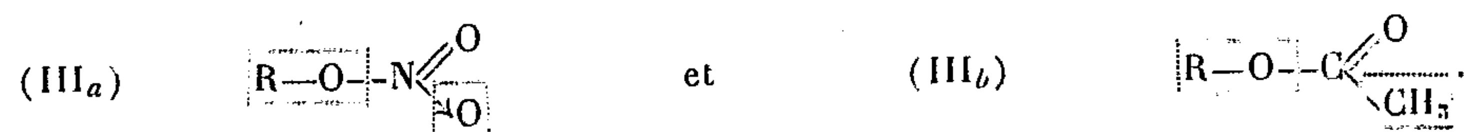
[4] *Comptes rendus*, **131**, 1900, p. 509; **133**, 1901, p. 540; **136**, 1903, p. 818.

L'utilisation d'un spectrographe à pouvoir dispersif élevé semble pouvoir lever ces indéterminations ([5]). Comme il était à prévoir, le spectre du nitrate de cellulose coïncide en tous points avec celui des nitrates alcooliques. Les bandes d'absorption des groupements esters se situent à $6^{\mu},00$ et $7^{\mu},80$ ce qui les distingue sans ambiguïté de celles des dérivés nitrés et élimine la forme résonnante (I). La présence d'un oxygène entre le radical hydrocarboné et la fonction NO_2 ne peut être responsable de la modification de fréquence qui apparaît pour ce dernier groupement, puisque suivant un raisonnement analogue, les carbonates alcalins organiques, de formule $(R-O-CO_2)^{-}M^{+}$, ont un spectre identique à celui des sels métalliques d'acides carboxyliques en accord avec une possibilité de résonance entre les deux oxygènes $\left[R-O-C\langle^{O}_{O}\right]^{-}M^{+}$.

Par contre, la présence d'une bande à $6^{\mu},00$ superposable à celle des nitrites suggère l'existence d'une double liaison $-N=O$ qui justifie aussi bien une constitution peroxydique (II) $R-O-O-N=O$ qu'une configuration du type (III) $R-O-N\langle^{O}_{O}$.

Du point de vue spectral, la formule (II) s'apparente à celle des esters formiques pour lesquelles les doubles liaisons $-N=O$ et $>C=O$ sont liées à une seule masse

La formule (III) s'apparente au contraire à celle des esters acétiques pour lesquels deux masses sont fixées aux doubles liaisons



Or, il apparaît que, dans la série carboxylique, le passage de la structure (II_b) à (III_b) ne se manifeste que par un déplacement de bande de $8^{\mu},65$ (pour les

COMPOSÉS OXYCARBONÉS			COMPOSÉS OXYAZOTÉS		
SELS D'ACIDES CARBOXYLIQUES	$R-C\langle^{O}_{O}{}^{(-)}$			$R-N\langle^{O}_{O}$	HYDROCARBURES NITRÉS
ESTERS FORMIQUES	$R-O-C\langle^{O}_{H}$			$R-O-N=O$	ESTERS NITREUX
ESTERS ACÉTIQUES	$R-O-C\langle^{O}_{CH_3}$			$R-O-N\langle^{O}_{O}$	ESTERS NITRIQUES (NITROCELLULOSE)
		8 7 6	μ 8 7 6		

formiates) à $8^{\mu},00$, aussi bien pour les acétates (dont l'acétate de cellulose) que pour les esters d'acides carboxyliques.

([5]) H. LENORMANT et P. L. CLÉMENT, *Bull. Soc. Chim.*, 1946, p. 559.

En conclusion, les grandes analogies spectrales observées entre les nitrates alcooliques et les esters d'acide carboxyliques (en particulier la présence commune d'une bande d'absorption vers 8^{μ} qui est déplacée vers $8^{\mu},65$ pour les esters nitreux et formiques), l'existence enfin d'une double liaison $-N=O$ et $>C=O$ conduisent à justifier pour les groupements étudiés la structure (II) $R-O-N\begin{smallmatrix}\nearrow O\\ \searrow O\end{smallmatrix}$ pour laquelle un atome d'oxygène est relié à l'azote par une liaison semi-polaire relativement labile.

Cette constitution s'accorde avec certains caractères physicochimiques des nitrates de cellulose.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à la chimie du chromanne.* Note [1] de M. **Georges Chatelus**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le chromanne (I), composé hétérocyclique oxygéné, est le représentant le plus simple d'une famille de substances organiques intéressantes (flavanne, tocophérol, etc.). Il a été très peu étudié jusqu'ici, étant donnée la difficulté de sa préparation. Dans le présent travail, en ayant préparé une quantité suffisante, j'ai pu déterminer quelques-unes de ses propriétés chimiques, en particulier son comportement vis-à-vis de la réaction de Friedel-Crafts, qui n'avait, à ma connaissance, pas encore été signalé dans la bibliographie.

Pour préparer (I) j'ai essayé plusieurs méthodes déjà connues. 1° Cyclisation de l'alcool γ-phénoxy-propylique $C_6H_5.O.(CH_2)_3OH$ et de son bromure au moyen du chlorure de zinc anhydre, à 200-220°, selon Rindfusz [2], ce qui ne m'a donné que des quantités infimes du produit attendu. Malgré de nombreux essais, je n'ai pu reproduire les résultats obtenus par l'auteur. 2° Cyclisation de ce même alcool, au moyen de P_2O_5 sans solvant et sans chauffage, ce qui permet d'obtenir (I) avec 50 % de rendement. C'est à mon avis la méthode la plus rapide et la plus simple. 3° A partir de la coumarine selon de Benneville [3], par hydrogénation avec le chromite de cuivre comme catalyseur, à 250°, ce qui donne l'alcool *o*-hydroxy-γ-phényl-propylique, dont le bromure traité par la soude aqueuse se cyclise en chromanne avec 60 % de rendement environ. C'est la méthode que j'ai employée pour accéder à une quantité importante de ce composé. J'ai aussi essayé de réduire, par le procédé de Clemmensen, la dihydrocoumarine, mais sans résultat appréciable.

La réduction, selon Clemmenson, de la chromannone (XIV) donne bien du chromanne, mais étant donné le mauvais rendement de la préparation de cette cétone, cette méthode ne peut être retenue. Le chromanne se prête très bien à

---

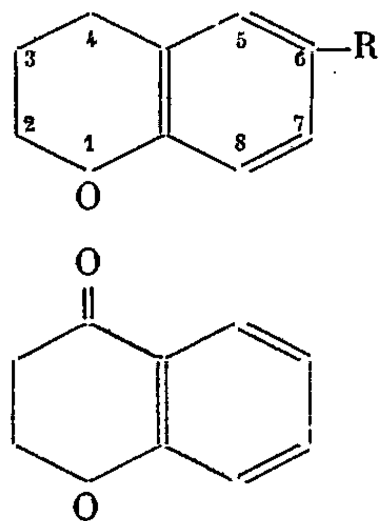
(1) Séance du 13 janvier 1947.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 41, 1919, p. 665.

(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 283.

la réaction de Friedel-Crafts; je l'ai condensé avec les chlorures d'acides suivants : acétique, propionique, benzoïque, phénylacétique, ainsi qu'avec les chlorures des monoesters succinique et glutarique.

J'ai obtenu ainsi l'acétyl-6-chromanne (II), le propionyl-6-chromanne (III), le benzoyl-6-chromanne (IV), le phénacétyl-6-chromanne (V), l'ester méthylique de l'acide β-6-chromannoyl-propionique (VI) et l'ester éthylique de l'acide γ-6-chromannoyl-butyrique (VII).



(I)	$R = H$;		
(II)	$R = CO.CH_3$;	(VIII)	$R = CH_2.CH_3$;
(III)	$R = CO.CH_2.CH_3$;	(IX)	$R = CH_2.CH_2.CH_3$;
(IV)	$R = CO.C_6H_5$;	(X)	$R = CO.(CH_2)_2.CO_2H$;
(V)	$R = CO.CH_2.C_6H_5$;	(XI)	$R = (CH_2)_3.CO_2H$;
(VI)	$R = CO.(CH_2)_2.CO_2CH_3$;	(XII)	$R = CO.(CH_2)_3.CO_2H$;
(VII)	$R = CO.(CH_2)_3.CO_2C_2H_5$;	(XIII)	$R = (CH_2)_4.CO_2H$.

J'ai réduit (II) et (III), selon Clémmensen, en éthyl-6 chromanne (VIII) et *n*-propyl-6 chromanne (IX).

J'ai saponifié (VI) en acide β-6-chromannoyl-propionique (X) et (VII) en acide γ-6-chromannoyl-butyrique (XII) et réduit ces deux acides cétoniques en acide γ-6-chromannyl-butyrique (XI) et δ-6-chromannyl-valérique (XIII).

Partie expérimentale. — Le point de départ, le chromanne (I) $C_9H_{10}O$, É$_{10}$ 88-90°, É$_{13}$ 92-94°, n_D^{15} 1,5490, d_4^8 1,0533, est un liquide d'odeur agréable, se colorant assez rapidement à l'air et à la lumière.

Les condensations de Friedel-Crafts ont été effectuées de la façon suivante : on refroidit à —10° un mélange de 0^{mol},1 de (I) et 0^{mol},1 de chlorure d'acide dans 70$^{cm^3}$ de CS_2, puis ajoute peu à peu, en agitant à la main, 0^{mol},15 de Cl_3Al anhydre pulvérisé en l'espace de 15 minutes, laisse 1 heure à température ambiante; le complexe foncé qui s'est formé s'est alors déposé à la partie inférieure. On décompose et la suite des opérations habituelles permet d'isoler le produit de la réaction; le rendement atteint 65 % pour la plupart des essais, mais s'abaisse rapidement si on laisse séjourner le mélange réactionnel plus d'une heure, à la température du laboratoire. Malgré les précautions prises, on obtient toujours une certaine quantité de résines et résidus indistillables. Chaque condensation n'a permis d'isoler qu'un seul produit défini substitué en 6 : il ne semble pas se former d'isomère de position.

(II) $C_{11}H_{12}O_2$, É$_{16}$ 174°, É$_{18}$ 180°, F 45°, beaux cristaux incolores (éther de pétrole). Semicarbazone $C_{12}H_{15}O_2N_3$, F 261°, petits cristaux incolores peu solubles dans l'alcool; (III) $C_{12}H_{14}O_2$, É$_{19}$ 198-200°, n_D^{15} 1,5645, F 36-38° (éther de pétrole), cristaux incolores. Semicarbazone $C_{13}H_{17}O_2N_3$, F 242°, peu soluble dans l'alcool; (IV) $C_{16}H_{14}O_2$, É$_{14}$ 252-255°, déjà signalé par

Kostanecki, Lampe, Marschalk [4]; (V) $C_{17}H_{16}O_2$, $É_{15}$ 255-260°, liquide visqueux, cristallisant en beaux cristaux incolores (alcool) F 80,5-81°; (VI) $C_{14}H_{16}O_4$, $É_{17}$ 235°, liquide jaune clair assez visqueux; (VII) $C_{16}H_{20}O_4$, $É_{13}$ 250°, cristallise en aiguilles incolores (éther de pétrole) F 44-45°.

(VIII) $C_{11}H_{14}O$, $É_{17}$ 127°, liquide fluide, incolore, d'odeur pénétrante, différente de celle de (I), n_D^{15} 1,5320, d_4^8 1,0195; (IX) $C_{12}H_{16}O$, $É_{17}$ 136-138°, liquide d'odeur forte rappelant celle de (VIII), n_D^{15} 1,5265; (X) $C_{13}H_{14}O_4$, F 108,5-109°,5 fines paillettes incolores (du benzène); (XI) $C_{13}H_{16}O_3$, $É_{14}$ 231-233°, liquide visqueux, donnant de beaux cristaux incolores (benzène + éther de pétrole), F 57,5-58°5. Amide correspondant $C_{13}H_{17}O_2N$, cristaux incolores très solubles dans l'alcool, F 119-120° (benzène + éther de pétrole); (XII) $C_{14}H_{16}O_4$, F 93-94°, cristaux incolores (benzène). Semicarbazone, $C_{15}H_{19}O_4N_3$, F 255°, cristaux incolores assez peu solubles dans l'alcool; (XIII) $C_{14}H_{18}O_3$, $É_{1,3}$ 238°, F 87,5-88,5. Amide correspondant $C_{14}H_{19}O_2N$, cristaux incolores assez solubles dans l'alcool, F 103-104° (benzène + éther de pétrole).

GÉOLOGIE. — *Le problème du Sahel de Sousse et de Sfax (Tunisie).* Note [1] de M. **Gilbert Castany**, présentée par M. Charles Jacob.

A l'Est de la Tunisie centrale, s'étend une vaste région, couverte de dépôts récents, affectés de bombements à grand rayon de courbure : le *Sahel* de Sfax et de Sousse. Cette unité géologique pose d'importants problèmes de structure. Déjà, en 1918, L. Joleaud et L. Gentil [2] avaient émis l'hypothèse qu'elle représentait une *simple dépendance du Sahara.* Plus tard, M. Solignac [3] a posé le problème sans y apporter de solution nouvelle. Nos recherches personnelles montrent que l'influence de ce *môle sahélien* se fait sentir dans la structure des plis de la bordure Ouest et Nord-Ouest du Sahel. Une communication antérieure [4] sur la chaîne Nara-Touila nous avait conduit à supposer l'existence d'un *horst* à l'Est de ce massif. L'étude tectonique des plis de la Tunisie centrale et de la dorsale tunisienne confirme ces conclusions.

Au Sud, le Djebel Kébar, tout en conservant une orientation normale SO-NE, conforme à celle des plis de l'Atlas, présente, à sa terminaison orientale, une structure complexe, avec surélévation d'axe et apparition de fractures, qui contraste avec l'ennoyage régulier vers le Sud-Ouest de son extrémité occidentale. L'alignement, qui relie entre eux les plis des Djebels

---

(4) *Ber. d. chem. Ges.*, 40, 1907, p. 3668.

(1) Séance du 6 janvier 1947.

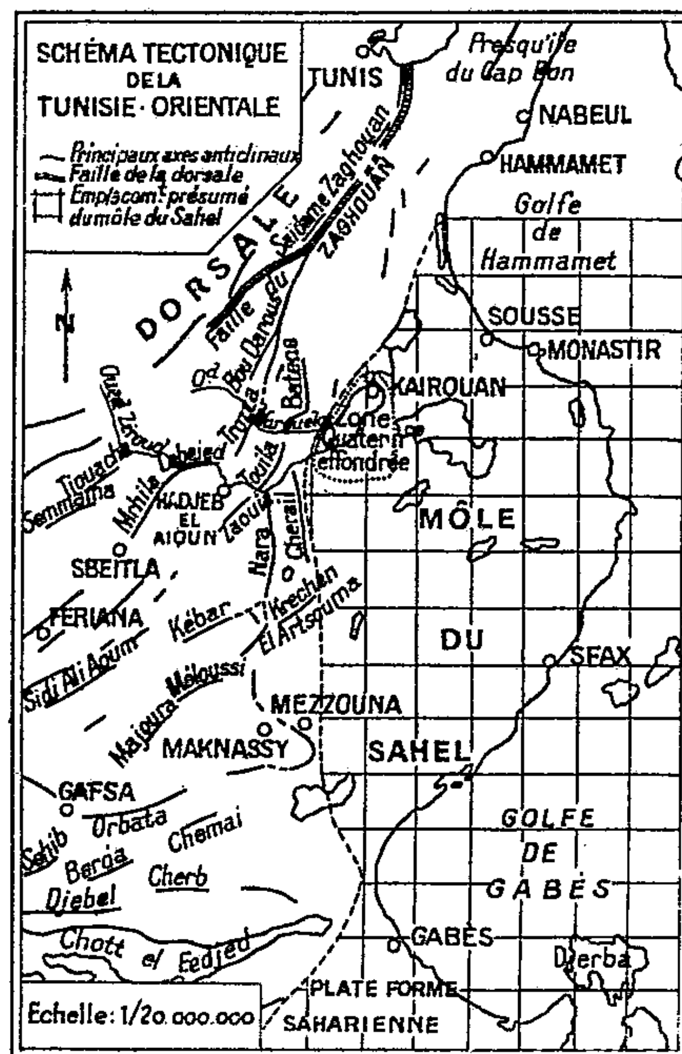
(2) *Comptes rendus*, 166, 1918, p. 119; L. Joleaud, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, 18, 1918, pp. 178 à 201.

(3) *Description d'une nouvelle carte géologique de la Tunisie au 1/500000*. Direction des Travaux Publics, 1931.

(4) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 812.

Zaouïa, Touila, Chérichira et Batene, souligne l'influence du *môle sahélien* par des variations de direction, par un rebroussement vers le Nord en bordure de la plaine de Kairouan et par des abaissements d'axe à Hammam Sahline et au Chérichira.

Le Zouïa montre une stucture aussi typique. Ce pli, orienté SO-NE, est



simple au Sud du Djebel Er Roua; il se complique au Nord-Est avec digitation, pli-faille et brusque abaissement d'axe. Son ennoyage terminal s'est accentué au cours d'une phase tardive par la formation du fossé d'effondrement de l'Oued Zéroud. Rien n'évoque mieux l'influence du môle que le serrage des deux plis du Zaouïa et du Nara-Touila, pinçant le synclinal de l'Oued El Hadjel. Ce dernier, d'une largeur de douze kilomètres au Sud entre le Nara et le Djebel Er Roua, est réduit à une centaine de mètres au Nord entre le Kef Touila, prolongement Nord-Est du Zaouïa, et le Touila-Est, extrémité septentrionale du Nara-Bou Gobrine. Les plissements des Djebels Mrhila, Labéied et Trozza, parallèles aux précédents, donnent lieu à des observations du même ordre. La terminaison orientale du Mrhila, orienté NE, offre une structure compliquée par des failles qui font apparaître du Jurassique et accentuent sa surélévation d'axe. Le Labéied, qui a tourné franchement à l'Est, présente, au contraire, un important abaissement d'axe accusé par un pli-faille, accompagné de déversement et de diapirisme.

Plus au Nord, la Dorsale tunisienne offre une tectonique encore plus complexe. Les forces orogéniques y ont surélevé les massifs calcaires jurassiques, par le jeu de la grande faille du Zaghouan, qui, avec des rejets de

l'ordre de mille mètres, se poursuit sur plus de 500 kilomètres. Au Djebel Zaghouan, des levers récents au 1/20 000 nous ont permis de mettre en évidence une structure en écailles chevauchantes.

En outre, le trait essentiel de l'orographie de l'Atlas tunisien est son inflexion vers le Nord-Est qui a amené la formation, suivant les points, soit de chapelets de dômes se relayant en coulisses, soit de pli-failles accidentés de décrochements et d'écailles (au Nara par exemple). Cette structure générale et ces complications de détails s'expliquent clairement si, sur l'emplacement du Sahel, on admet l'existence, aux temps secondaires et tertiaires, d'un môle prolongeant vers le Nord et assez loin vers l'Est la plate-forme saharienne. C'est ce *horst* qui, obligeant les plis à changer de direction, a été la cause du rebroussement vers le Nord-Est des accidents périsahéliens qui s'échelonnent depuis Bou Hedma (Sud de Maknassy) jusqu'au Batene. La zone de perturbation se poursuit jusqu'au contact de la Dorsale dont la complexité structurale résulte de son interférence avec les dômes périsahéliens de la Tunisie septentrionale.

De son côté, le Sahel apparaît comme une dépendance du continent saharien non affecté par les plissements atlasiques, où les efforts orogéniques se sont manifestés par des déformations à grand rayon de courbure accidentées de fractures. Cette tectonique de fond s'est traduite, dans la couverture, par de vastes bombements dont le type est le dôme de Djemmal-Monastir.

GÉOLOGIE. — *Sur des affleurements de Trias pincés dans les schistes cristallins de la vallée de la Tinée (Alpes-Maritimes).* Note (1) de Mlle **Anne Faure-Muret**, présentée par M. Charles Jacob.

La Feuille de Saint-Martin-Vésubie au 1/80 000 indique entre Saint-Étienne de Tinée et Isola, sur le versant gauche de la vallée, cinq affleurements de Trias. Ils sont interprétés par MM. L. Bertrand (2) et P. Comte (3) comme des synclinaux réguliers déversés vers le Sud-Ouest.

Au cours de cet été, l'étude détaillée de la bordure du massif du Mercantour m'a permis de préciser la tectonique de ces accidents, dont la figure ci-jointe fournit quelques coupes. Les coins de Trias s'échelonnent à flanc de coteau sur 8^{km} de longueur, entre les vallons de Rabuons et de la Blache. D'amont en aval on rencontre d'abord un affleurement isolé (coupe 1), puis, à partir du Bourguet, une série d'étroits synclinaux généralement courts, qui se relayent.

Il importe de souligner l'allure générale de ces accidents : synclinaux aigus dont le fond est effilé, redressé presque à la verticale, coincé dans les gneiss;

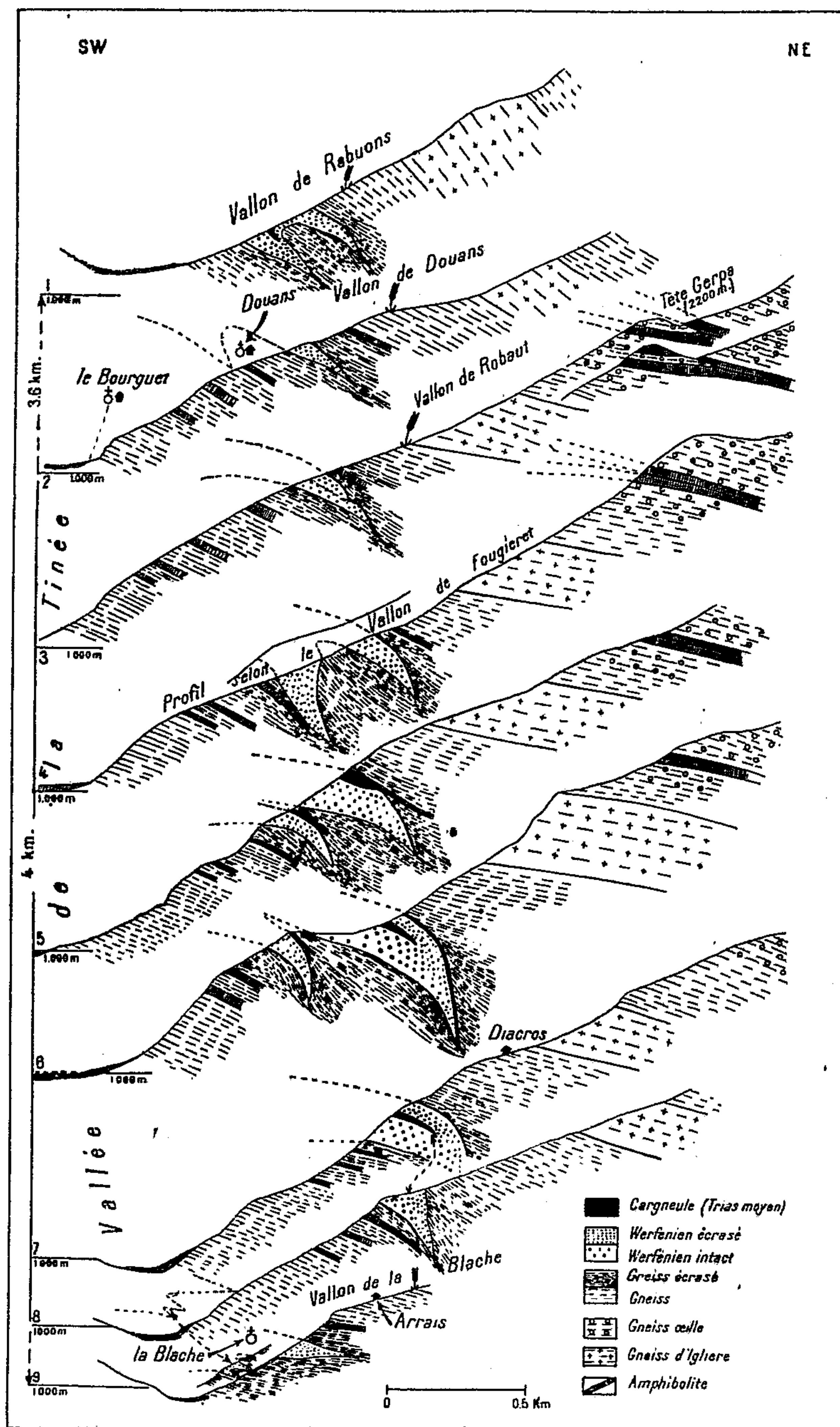
---

(1) Séance du 13 janvier 1947.

(2) *Bull. Carte Géol. France*, n° 56, 9, 1897-1898, pl. II, fig. 11.

(3) Diplôme d'Ét. Sup. Paris, n° 405, 1930, pl. I, coupe IV.

dont les parties hautes, par contre, se déversent vers le Sud-Ouest, amorçant des plis couchés. Les flancs renversés sont très écrasés, réduits, parfois inexis-



tants (coupe 5). La position des cargneules met en évidence la dissymétrie de ces plis.

La série cristalline, tant sous-jacente que sur-incombante, témoigne d'actions mécaniques intenses : des bandes d'amphibolites épaisses de 20 à 30^{m} peuvent

être réduites à quelques centimètres et devenir feuilletées. Les contacts du gneiss et du Trias montrent en outre, par la trituration des éléments, l'existence de déplacements relatifs. Le cristallin, vieux matériel rigide, n'a suivi que difficilement ces plissements; il s'est broyé, cassé, enserrant les coins aigus de Trias. Les pendages, lorsque l'on peut les relever dans les gneiss, indiquent une accordance ou une faible discordance par rapport au Trias.

Vers le haut du versant, l'allure sub-horizontale de la série cristalline est soulignée par une bande de gneiss d'Iglière ([4]) et plus haut encore par le synclinal d'amphibolite [décrit ailleurs ([5])] qui est franchement couché à la Tête Gerpa (coupe 3). Plus en aval, dans la vallée transversale de Castiglione (Chastillon), les parties internes de ce dernier synclinal passent graduellement à la verticale. Le matériel ancien dessine ainsi un pli couché d'un style analogue à ceux du Trias.

La tectonique alpine a donc profondément marqué son empreinte dans les parties superficielles du Mercantour, dont les gneiss pincent des coins de Trias, et peut-être dans la masse même des roches anciennes de ce Massif.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Ionisation. Sur la présence de radiations pénétrantes telluriques dans la rivière souterraine de Saint-Paul (Haute-Garonne).* Note ([1]) de M. **Félix Trombe** et M^lle^ **Charlotte Henry la Blanchetais**, présentée par M. Charles Maurain.

La rivière souterraine qui sort à l'air libre, à côté de la chapelle de Saint-Paul, à 4^{km} au nord-est d'Aspet (Haute-Garonne), est à une température plus élevée, 14°, que celle des résurgences voisines (grotte du Moulin : 12°, Ganties-Montespan : 11°,8) situées dans le même niveau calcaire (urgo aptien).

En été, d'après nos mesures de 1945 et de 1946, la conductibilité totale L de l'air est aussi, en moyenne, plus grande à Saint-Paul que dans les autres grottes : Saint-Paul : de 34 à 254.10^{-4}, Ganties-Montespan : de 25 à 140.10^{-4}, Goueil di Her près d'Arbas (Haute-Garonne) : de 3 à 75.10^{-4}; valeur à l'extérieur : 3.10^{-4} environ.

Cette conductibilité, comme l'indiquent les valeurs extrêmes précédentes, est très variable, à la fois dans le temps et suivant la partie du souterrain étudiée. L'hiver, par suite de la formation d'un brouillard interne ([2]), la conductibilité de l'air dans le souterrain de Saint-Paul devient plus faible ($L = 0,6.10^{-4}$) qu'à l'extérieur ($L = 1,2.10^{-4}$).

Devant ces résultats, nous avons cherché, suivant les conseils de

([4]) *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 603-605.

([5]) *Loc. cit.*, 1946.

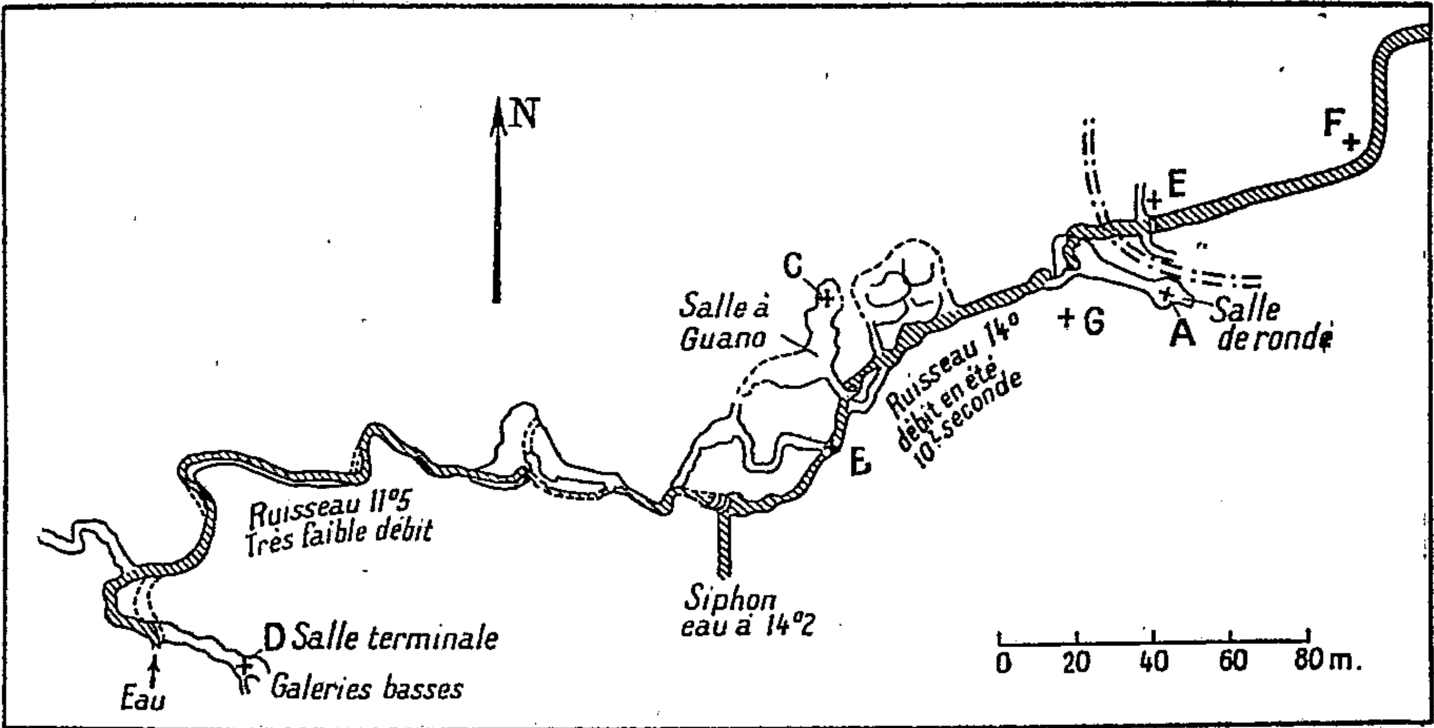
([1]) Séance du 23 décembre 1946.

([2]) Pluvinage, *Thèse*, Paris, 1945, p. 6.

MM. Maurain et Coulomb, à mesurer dans les cavités précédentes l'intensité de la radiation pénétrante.

Un appareil de Kolhörster (à parois d'acier de $2^{mm},5$ d'épaisseur) déjà utilisé en 1939 par J. Bricard et J. Jung [3], a été mis obligeamment à notre disposition par l'Institut de Physique du Globe de Clermont.

Dans nos mesures, les chutes de potentiel de l'électromètre ont été déterminées pour un intervalle de temps constant (10 minutes). Les résultats, exprimés en nombre d'ions par centimètre cube et seconde, se rapportent aux différents points indiqués sur le plan schématique ci-joint de la grotte de Saint-Paul, et également aux grottes de Ganties-Montespan et du Goueil di Her.



Plan schématique de la rivière souterraine de Saint-Paul.

	Nombre d'ions (cm^3/sec).	Température de l'air.
1° *Saint-Paul.*		
A. Salle ronde	21	13°,9
B. Galerie latérale, *au niveau du ruisseau*	{ 28 / 31 } 29	13,7
C. Salle à Guano	27	13,5
D. Salle terminale	22	11,8
E. Pré en face de la source (extérieur)	15	comprise entre 13 et 15°
F. Pré à 70^m de la source, près du ruisseau (extérieur).	12	
G. Calvaire, partie supérieure (extérieur)	10	
2° *Ganties-Montespan.*		
Grande galerie latérale	8	11,8
Ruisseau (cote 1000)	9	11,8
3° *Goueil di Her.*		
Près d'Arbas	10	8
Pré de Gourgues (extérieur)	12	14

(3) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 485.

Il existe dans la grotte de Saint-Paul, et à un degré moindre le long de sa rivière, après résurgence à l'air libre, une augmentation du nombre d'ions par centimètre cube. Dans les grottes voisines, malgré la conductibilité élevée que l'air y possède parfois, on observe plutôt une diminution du nombre d'ions.

D'après certaines de nos mesures (C), l'intensité de la radiation pénétrante serait, en chaque point de la grotte de Saint-Paul, pratiquement indépendante des variations de conductibilité qui se manifestent. Cette intensité est, en certains points, seulement deux fois plus faible qu'aux gisements uranifères de Lachaux et notablement supérieure à celle que l'on trouve dans les terrains granitiques et les terrains volcaniques d'Auvergne. Elle est comparable à celle des sources minérales de La Bourboule (source Croizat : 28 ions/cm^3/sec., source Choussy : 32 ions/cm^3/sec.) ([2]).

Étant donnée la nature du terrain encaissant, il est probable que c'est la rivière elle-même, dont la température indique une origine relativement profonde, qui apporte dans la grotte de Saint-Paul les gaz radioactifs.

Il semble que l'on ait intérêt à prospecter systématiquement les cavités des massifs calcaires, souvent très profondes et, dans ce cas, notablement plus proches des terrains primaires, que la surface du sol. Ces cavités retiennent les émanations radioactives qui subissent alors, dans un volume d'air limité, l'évolution susceptible de donner naissance à un rayonnement pénétrant.

MAGNÉTISME TERRESTRE — *Sur la relation de certaines transformations cométaires avec les perturbations du champ magnétique terrestre.* Note ([1]) de M. **Pierre Bernard**, présentée par M. Charles Maurain.

Dans un Mémoire publié en 1929 (*Phys. Rev.*, 33, p. 1046), Maris et Hulburt ont signalé que les périodes d'instabilité de l'aspect des comètes coïncident en général avec une agitation prononcée des éléments magnétiques. Il a semblé intéressant de reprendre un examen attentif de l'intervalle de temps entre le début des perturbations magnétiques enregistrées à Greenwich (1871), au Parc-Saint-Maur (1883-1900), au Val-Joyeux (1901-1935) ou à Chambon-la-Forêt (1926-1943), et les particularités de l'évolution physique des comètes (augmentation soudaine de luminosité, apparition ou déformations non progressives de la queue, scission du noyau), dont la date peut être fixée à un jour près d'après les descriptions des observateurs ou les clichés photographiques publiés. Pour chacune des correspondances retenues, la position de la comète (coordonnées écliptiques héliocentriques) a été calculée, et l'on a porté en abscisse la distance du Soleil à la comète en unités astronomiques (la distance moyenne de la Terre au Soleil étant 1) et en ordonnée le retard R du

([1]) Séance du 2 décembre 1946.

phénomène cométaire sur le début d'une perturbation magnétique, particulièrement distincte si elle n'est pas la seule au voisinage de cette date.

La figure ci-dessous montre qu'il y a une forte probabilité pour qu'une dépendance existe (le coefficient de corrélation est de 0,89) entre *R* et la distance du Soleil à la comète : si cette distance est supérieure à la distance du Soleil à la Terre, la perturbation magnétique *précède* en moyenne la transformation cométaire; le contraire a lieu lorsque la comète est plus rapprochée du Soleil que la Terre. Tout se passe comme s'il y avait propagation d'un agent s'éloignant du Soleil et déterminant successivement un orage magnétique sur notre planète et un changement dans l'aspect physique d'une comète.

On peut encore remarquer que le retard du phénomène cométaire sur la perturbation magnétique croît à mesure que la comète est plus écartée du plan de l'écliptique : les 31 points placés au-dessous de la droite moyenne, c'est-à-dire dont le retard est le plus court, correspondent à une latitude écliptique moyenne de 17°, tandis que les 39 points correspondant à un retard plus grand que la moyenne donnent une latitude de 25°. D'autre part, pour les comètes très rapprochées du Soleil, il n'a, en aucun cas, été possible de relever une *avance* supérieure à 2 jours de l'accident cométaire sur une perturbation magnétique terrestre.

La vitesse de propagation de la perturbation est, d'après le graphique précédent, d'une unité astronomique en 5 jours, et aucune variation de cette vitesse ne se manifeste pour un éloignement croissant du Soleil; or on a établi à plusieurs reprises une corrélation entre des éruptions chromosphériques et des orages magnétiques dont le début se produit dans les cas les plus nets une vingtaine d'heures, et rarement plus de 2 jours, après l'éruption. Ces chiffres conduisent à admettre que l'agent perturbateur ne provient pas du Soleil, mais se trouve déjà à une faible distance de l'orbite terrestre, normalement en équilibre sous l'action de la pression de radiation émise par l'astre central. Un excès de cette radiation, provoqué par des éruptions ou une activité chromosphérique anormale, aura pour effet de le chasser à de plus grandes distances du Soleil. D'après les durées de trajet ci-dessus, l'origine de la perturbation devrait se placer en moyenne à une distance du Soleil de 0,8 rayon de l'orbite terrestre.

Il est d'ailleurs possible de rendre concrète cette origine en considérant la *lumière zodiacale* comme une atmosphère extérieure du Soleil formée de particules ionisées : sa partie la plus visible s'étend jusqu'à des distances du Soleil de l'ordre voulu, et sa forme elliptique très aplatie permet d'expliquer l'augmentation de l'intervalle de temps entre phénomènes terrestres et cométaires lorsque la comète s'écarte de l'écliptique.

PHYTOGÉOGRAPHIE. — *Une nouvelle relique de la flore sud-américaine en Afrique.* Note de M. **Henri Jacques-Félix**, présentée par M. Roger Heim.

Notre étude de la flore du Cameroun nous conduit à ajouter le *Langevinia monosperma*, type d'un nouveau genre, à la famille des *Rapatéacées* (1).

Celle-ci était considérée jusqu'en 1900 comme strictement américaine. C'est à cette date seulement que la création du genre *Maschalocephalus*, pour une plante trouvée par Dinklage dans la forêt libérienne, fit cesser l'opinion jusque-là admise concernant cette exclusivité.

Le *Langevinia monosperma* n'a pas, dans le cadre de la famille, la même phylogénie que son congénère africain. Il semble plutôt dépendre de la lignée des *Rapatea* qui est la plus riche en espèces.

Les deux genres africains se sont donc détachés indépendamment de l'aire principale; leurs aires respectives sont demeurées restreintes et éloignées l'une de l'autre.

Le *Langevinia monosperma* présente ainsi un net caractère relictuel. Si des

(1) *Langevinia* : nouveau genre africain de Rapatéacées dédié à la mémoire du savant physicien et de l'homme de cœur que fut Paul Langevin (1872-1946). Possède l'aspect végétatif du *Rapatea longipes*. Se caractérise : par son ovaire à une seule loge, à un seul ovule; par son fruit sec et indéhiscent.

mutations l'ont éloigné depuis son isolement de la souche américaine, la pauvreté de son patrimoine héréditaire et son manque de fécondité lui ont interdit toute variation et toute extension. Il se maintient difficilement dans les lieux marécageux et obscurs de la forêt vierge.

Si la famille des *Rapatéacées* se trouve sensiblement élargie dans le cadre de ses caractères et dans son extension géographique par notre découverte, elle n'en reste pas moins représentative de la grande région florale néotropicale.

Notre addition porte à 10 le nombre des genres qui la représentent, tandis que celui des espèces reste inférieur à 30.

Dans la modeste contribution que l'étude des flores peut apporter à la connaissance des relations et disjonctions continentales, ce sont de telles familles, surprises dans leur extension, qui fournissent les meilleurs arguments. Nous reviendrons prochainement sur cette question.

CHIMIE AGRICOLE. — *Action de divers métaux sous forme de complexes colloïdaux comme facteurs de croissance*. Note (1) de M. **Étienne-Marcel Bastisse**, présentée par M. Albert Demolon.

Dans une Note antérieure (2) nous avons signalé l'existence de complexes colloïdaux ferri-siliciques dont nous avons indiqué le principe de la préparation et les propriétés. Des complexes analogues ont été obtenus avec les métaux figurant dans le tableau ci-contre. Tous ces complexes sont électro-négatifs. Nous les désignerons sous le nom de *complexes colloïdaux métallo-siliciques*.

Après avoir montré que les plantes sont susceptibles d'utiliser les complexes ferri-siliciques, nous nous sommes proposé de vérifier si cette observation pouvait être étendue à d'autres complexes métallo-siliciques. Dans ce but, le maïs a été cultivé dans des vases de 1 litre remplis d'une solution nutritive contenant 20^{mg} de fer métal sous forme de complexe ferri-silicique dans une première série et ferro-silicique dans une seconde série. Les vases recevaient en outre des quantités croissantes d'un second métal, également sous forme de complexe en pseudo-solution. Par contre, les témoins ne contenaient que du fer, à l'état ferreux ou ferrique.

Nous indiquons dans le tableau ci-contre, les indices de comparaison des rendements maxima en matières végétales totales (tiges + racines) séchées à 105°. L'indice 100 correspond aux rendements obtenus avec le fer seul, ferreux ou ferrique, suivant la série.

Nos résultats permettent de se faire une idée de la valeur en tant que facteurs secondaires de croissance des différents oligo-éléments employés sous forme de complexes métallo-siliciques. Nous signalerons tout d'abord que le rendement

(1) Séance du 13 janvier 1947.

(2) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 193 (en collaboration avec M. Demolon).

du témoin fer ferreux seul est de 60 % supérieur à celui du témoin fer ferrique seul, et nous soulignerons quelques résultats inattendus tels que l'action favorable du manganèse, de l'uranium, de l'étain, du mercure et du lanthane.

Métaux utilisés avec indication de la valence.	Rendements maxima (tiges + racines) obtenus avec la dose optimum du 2e métal introduit. Témoin, fer seul = 100. — Complexes.		Doses optima en mg/l du 2e métal introduit. — Complexes.		Doses critiques en mg/l du 2e métal introduit. — Complexes.	
	Ferreux.	Ferrique.	Ferreux.	Ferrique.	Ferreux.	Ferrique.
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Manganèse	230	230	140	140	250	250
Uranium	250	210	120	80	180	180
Étain 4	180	220	80	80	140	150
Mercure	170	170	55	50	120	120
Lanthane	150	140	20	15	60	40
Plomb	130	130	40	40	80	80
Étain 2	125	130	20	25	40	50
Tungstène	120	115	10	8	20	15
Cuivre	120	150	8	15	15	25
Molybdène	120	115	10	8	18	15
Vanadium 5	120	125	10	20	30	40
Aluminium	115	115	20	20	40	40
Bismuth	115	115	20	20	40	40
Vanadium 3	115	110	5	2	10	5
Chrome	110	110	5	5	20	20
Nickel	110	110	15	15	30	30
Titane	110	110	10	10	40	40
Antimoine	110	110	10	10	30	30
Zinc	110	110	6	5	15	12
Cadmium	110	110	5	5	10	10
Cobalt	110	110	3	3	8	8
Arsenic 5	110	110	6	10	12	20
Arsenic 3	–	–	–	–	10	5
Argent	–	–	–	–	2	2

Si l'on ajoute dans un milieu nutritif des quantités croissantes d'un oligo-éléments, on voit les rendements croître, passer par un maximum, puis décroître pour atteindre finalement des valeurs inférieures à celles du témoin, indiquant des effets dépressifs. Nos expériences permettent de fixer pour chaque élément l'ordre de grandeur de la dose optima et la dose critique, pour laquelle le rendement atteint de nouveau la valeur du témoin. Les doses optima et critiques, ainsi déterminées en présence du fer ferreux ou ferrique, sont portées dans le tableau. On constate que toutes les substances étudiées, sauf l'arsenic trivalent et l'argent, ont au moins un léger effet favorable. Ceci ne

permet pas d'affirmer que tous les métaux eux-mêmes sont des substances de croissance, car il est possible que l'effet dépressif que certains peuvent avoir soit compensé par l'action favorable de la silice. Par contre, les corps qui, comme le manganèse, l'uranium, l'étain, le mercure et le lanthane produisent des accroissements de rendement élevés, se comportent comme des facteurs de croissance.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Intervention d'un facteur humoral dans le phénomène de rigidité de décérébration.* Note de M. **Bruno Minz** et Mlle **Catherine Veil**, présentée par M. Louis Lapicque.

Au cours de nos études sur l'action décontracturante du curare, nous avons enregistré une série d'observations qui semblent intéressantes pour la compréhension du phénomène de rigidité de décérébration, phénomène classique, mais dont le mécanisme est encore mal connu à l'heure actuelle.

Toutes les expériences ont été faites sur le Lapin, la rigidité étant provoquée par section de l'axe cérébrospinal, suivant une technique usuelle, au moyen d'une lame métallique mousse et flexible, traversant la voûte du crâne et glissant le long de la fente du cervelet.

Nous avons fait la constatation surprenante que l'enlèvement d'un segment important du nerf sciatique ne diminuait que légèrement la rigidité de la patte correspondante. Énervant totalement une patte par section haute du sciatique et du crural, abolissant ainsi toute réponse réflexe dans ce membre et à partir de ce membre, nous avons également observé une rigidité nettement perceptible dans cette patte dépourvue d'innervation. La diminution de rigidité observée après section des nerfs s'intensifiait pourtant considérablement après ligature de l'artère fémorale correspondante, ce qui nous permet d'expliquer le fait que des membres d'un animal opéré, solidement fixé par des liens à la table d'opération, une fois libérés, ont perdu leur rigidité qu'ils récupèrent peu à peu. Nous pouvions accélérer cette récupération et même renforcer le phénomène en repassant la lame métallique à plusieurs reprises dans la plaie de la section primitive.

Y aurait-il une substance chimique libérée par le centre lésé, véhiculée par le sang, et dont la présence conditionnerait la réaction hypertonique du muscle à l'excitation nerveuse ?

Pour élucider cette question, nous avons essayé d'augmenter la concentration de ce corps hypothétique en réduisant la masse sanguine circulante par éviscération de l'animal. Nous avons observé que dans des cas où la rigidité n'était pas absolue, elle pouvait être intensifiée à la suite de cette intervention. Dans les expériences effectuées sur un tel animal (en rigidité et éviscéré) sur lequel l'hypertonie musculaire était particulièrement intense, l'interruption momentanée de la circulation par pincement de l'artère iliaque au niveau de

l'une des pattes provoquait une diminution nette du tonus des muscles. L'enlèvement de la pince était presque immédiatement suivi d'un rétablissement de la rigidité de cette patte, précédé d'une secousse musculaire localisée à ce niveau. Une ligature définitive de l'artère avait pour conséquence un relâchement quasi total du tonus. Nous avons excité mécaniquement la plaie au niveau de la section cérébrale chaque fois que nous avons observé une perte passagère et générale du tonus; immédiatement la rigidité se trouvait renforcée dans toutes les pattes, à l'exception de celle dont l'artère iliaque avait été préalablement liée. Notons que le pincement et le relâchement consécutif d'une artère iliaque chez un lapin normal n'entraîne aucune des manifestations enregistrées chez l'animal décérébré.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les variations de l'excitabilité du nerf et du muscle provoquées par les constituants des extraits de la glande hypobranchiale des Murex.* Note [1] de Me ANTOINE JULLIEN et Mme RAYMONDE GIBAULT, présentée par M. Léon Binet.

L'un de nous avec H. Cardot [2] a montré antérieurement que l'extrait brut total frais de la glande hypobranchiale de *Murex trunculus* déclenchait une curarisation résultant principalement d'une forte élévation de la chronaxie musculaire et conjointement d'une certaine diminution de la chronaxie nerveuse.

Des recherches ultérieures dont nous donnons, ci-après, les résultats principaux, ont été conduites en vue de déterminer à quels constituants de la pourpre revient cette action curarisante. Nous avons travaillé avec les extraits de *Murex trunculus* et de *M. brandaris*. Le premier renferme, en sus des substances actives sur le muscle de Sangsue mises en évidence par A. Jullien et D. Vincent [3][4], une matière colorante de nature indigotique, des composés indoliques et un ou des mercaptans. Afin de préciser l'action respective de ces divers constituants sur l'excitabilité, nous avons successivement étudié l'extrait brut total vieilli, l'extrait brut frais privé de ses mercaptans par barbotage, les mercaptans, les composés indoliques et l'extrait de glandes bouillies après excision.

L'extrait frais total de *M. brandaris* préparé à la température ordinaire est inactif sur le muscle de Sangsue; préparé avec des glandes bouillies après excision, il devient actif comme l'extrait frais de *M. trunculus*. Nous avons donc également mesuré les variations des paramètres de l'excitabilité consécutives à l'emploi de ces deux extraits.

---

(1) Séance du 23 décembre 1946.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, 133, 1940, p. 521.
(3) *Ibid.*, 127, 1938, p. 1056.
(4) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1145.

Les résultats que nous avons obtenus ont été, en résumé, les suivants : l'application de l'extrait brut total vieilli provenant de *M. trunculus* est suivie d'une curarisation qui se développe assez rapidement (30 minutes environ) par élévation de la chronaxie musculaire. L'extrait brut frais privé de ses mercaptans par barbotage reste curarisant. Les solutions de mercaptans (par exemple de méthylmercaptan), à des concentrations assez élevées laissent inchangés les paramètres de l'excitabilité; les mercaptans n'ont donc aucune action sur l'excitabilité. L'extrait provenant de glandes bouillies après excision, dépourvu de pigment, est curarisant par élévation de la chronaxie musculaire. Les composés indoliques que nous avons essayés sous forme de solutions d'indol sont aussi des modificateurs de l'excitabilité, mais par un mécanisme différent; ils diminuent assez fortement la chronaxie musculaire et parfois, parallèlement, abaissent, mais assez faiblement, la chronaxie nerveuse; l'hétérochronisme est suffisant pour amener la disparition de l'excitabilité indirecte. Le culot coloré obtenu par centrifugation de l'extrait frais total est dépourvu, après lavage, de toute action paralysante; le pigment est donc sans effet sur l'excitabilité.

Il en est de même de l'extrait brut total frais de *M. brandaris*. Quant à l'extrait de glandes bouillies après excision chez cette espèce, il se comporte comme l'extrait total de *M. trunculus*; il provoque une curarisation par élévation de la chronaxie musculaire.

Ainsi, on peut classer en trois catégories les effets obtenus à la suite de nos mesures :

1° Les effets curarisants résultant principalement d'une élévation de la chronaxie musculaire et consécutifs à l'application de l'extrait brut total vieilli, de l'extrait brut privé de ses mercaptans et de l'extrait de glandes bouillies chez les deux espèces de Murex.

2° Aucune modification de l'excitabilité par les mercaptans, le pigment et l'extrait frais de glandes non bouillies de *M. brandaris*.

3° Effet curarisant par abaissement de la chronaxie musculaire avec les composés thioliques (l'indol). Cette action n'apparaissant pas lorsqu'on applique l'extrait total sur la préparation neuro-musculaire, il est permis de penser que les composés thioliques sont naturellement présents à dose très faible et que leur action est minime ou même annulée par les autres constituants de l'extrait.

Nous avons démontré par ailleurs, d'une part [5], que toutes les substances de la première catégorie sont actives sur le muscle de Sangsue ésériné; d'autre part, que les substances de la deuxième catégorie sont complètement dépourvues d'effet sur ce muscle. Il existe donc un parallélisme rigoureux entre, d'un côté, les effets sur l'excitabilité, d'un autre, l'action stimulante sur le muscle de Sangsue.

Si l'on tient compte du fait que l'acétylcholine n'est que faiblement cura-

---

[5] *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1646.

risante et à haute dose, et que les extraits additionnés de cholinestérase passés à l'étuve perdent toute propriété paralysante, quoique restant encore actifs sur le muscle de Sangsue, il est logique d'admettre que les substances modificatrices de l'excitabilité sont des esters de la choline hydrolysables par la cholinestérase, l'acétylcholine étant exceptée.

EMBRYOGÉNIE EXPÉRIMENTALE. — *La testostérone dans l'histogenèse sexuelle du Singe* (Macacus rhesus *Audeb.*). *a. Organes génitaux externes.* Note [1] de Mme VÉRA DANTCHAKOFF, présentée par M. Maurice Caullery.

1. *L'accouplement*, chez le Singe (*Macacus rhesus*), n'est pas limité à une période déterminée du développement ovulaire; or, seule la présence d'un ovule mûr permet la fécondation. Le début de la menstruation (environ tous les 28 jours) indique que l'ovule émis n'a pas été fécondé. De ce moment, un nouvel ovule entre en croissance et la muqueuse de l'utérus subit une nouvelle phase d'évolution préparatoire. L'ovule est habituellement émis 11 à 14 jours après le début de la menstruation. C'est précisément à ce moment que nous offrons la femelle au mâle.

2. *La gravidité* est facilement reconnaissable 20 à 25 jours après un coït fécond. Deux semaines environ après un tel accouplement, on observe du sang dans le vagin chez la femelle. C'est *le signe du placenta* de Hartmann. Ce signe peut prêter cependant à équivoque : il pourrait indiquer tout aussi bien le début d'une nouvelle menstruation. Une palpation rectale permet le diagnostic différentiel. Alors que la période menstruelle est accompagnée d'une régression marquée de l'utérus, la nidation d'un ovule fécondé entraîne un accroissement de la matrice, dont la consistance devient moins ferme. La gravidité probable est ensuite confirmée par la persistance du flux sanguin. Celui-ci ne dure que 3 à 5 jours, s'il est dû à la menstruation, alors qu'il peut se prolonger au delà de 3 semaines, s'il est conditionné par le développement du placenta. Le diagnostic de grossesse est ainsi certain à 20 jours.

3° *Le traitement de l'embryon* peut se faire selon deux techniques. L'hormone mâle injectée à la mère atteint l'embryon à travers le placenta; mais la substance inoculée peut être modifiée par l'organisme maternel, si bien que nous ignorons la quantité active qui parviendra à l'embryon. Par contre, l'injection directe à l'embryon même est une technique infiniment plus précise. C'est la méthode que nous utilisons; bon nombre d'*effets paradoxaux*, décrits et invoqués comme preuve d'une différence entre hormones « embryonnaires » et adultes, sont dus aux transformations de l'hormone par l'organisme maternel. A ce point de vue technique, les critiques exprimées par Raynaud sont injustifiables. Ni Greene et Burril, ni Raynaud n'ont tenu compte de la différence qui existe entre leur matériel (rats et souris) et le mien (cobayes et singes). Les premiers avortent

[1] Séance du 6 janvier 1947.

facilement, alors que ce phénomène ne se produit pas chez le cobaye femelle, qui peut donner naissance à 3 et à 4 jeunes, parfaitement viables, qui avaient été soumis dans leur vie embryonnaire à un traitement hormonal répété.

Dans nos expériences sur le Singe, le même embryon reçoit successivement, dans sa cavité amniotique, tout d'abord $2^{mg},5$ de propionate de testostérone dans $0^{cm^3},05$ d'huile, ensuite des doses plus massives, 5 à 20^{mg}. A partir de deux mois, le sac amniotique peut être atteint à travers la paroi abdominale de la mère. Des doses aussi massives ne sont certainement pas nécessaires, mais, étant donné le nombre restreint d'embryons à notre disposition, nous tenions à assurer un résultat. L'embryon ne souffrait guère de la présence d'une goutte d'hormone mesurant 0,1 à $0^{cm^3},4$, qui flottait dans un volume considérable de liquide amniotique et dont la résorption se faisait graduellement, car on en retrouvait en prélevant le fœtus.

4. *L'excision du fœtus* de 2 et de 3 mois demande une technique opératoire précise. Nous n'avons perdu aucun des animaux opérés, dont certains avaient subi jusqu'à cinq laparatomies.

La figure ci-dessous illustre les résultats obtenus. Les deux fœtus de *Macacus*

Deux fœtus *Macacus rhesus* Audeb. de 96 jours, traités par la testostérone depuis le 23e jour de gestation. Notez, chez les deux, la présence d'organes sexuels externes mâles, parfaitement identiques. Or, le fœtus à droite est une femelle génétique.

rhesus Audeb. sont âgés de 96 jours et d'apparence extérieure mâle. Rien n'indique que l'un des deux fœtus soit une femelle génétique : absence complète de vagin, présence du scrotum et d'un pénis fonctionnel (une pression sur la région vésicale entraîne l'émission d'un jet d'urine). Le gland est recouvert par un prépuce, qu'un frein rattache à une légère rainure marquant la ligne de

soudure des deux sacs scrotaux. Les organes génitaux externes sont parfaitement identiques chez les deux fœtus.

Cependant, la présence, chez l'un des fœtus, d'un utérus et de trompes nous indique clairement que cet animal possédait un génotype femelle, alors que l'autre sujet, dépourvu de toute formation féminine, devait être un mâle génétique.

Devant de tels résultats, n'y aurait-il pas un véritable défi à la raison à maintenir que les organes sexuels externes mâles, chez les deux fœtus simiens dans notre figure, fussent édifiés sous l'action de causes différentes ? L'hypothèse de travail, qui admettait, chez l'embryon, des inducteurs sexuels spéciaux, différents des hormones adultes, doit faire place à la constatation éloquente de la puissance morphogène de l'hormone mâle adulte, capable d'assurer, dans un embryon femelle, l'édification complète d'organes mâles (organes génitaux externes).

ENTOMOLOGIE. — *Le polymorphisme social du Termite à cou jaune* (Calotermes flavicollis *F.*). *Les faux-ouvriers ou* pseudergates *et les mues régressives.* Note (¹) de MM. **Pierre-P. Grassé** et **Charles Noirot**, présentée par M. Louis Fage.

Dans les sociétés adultes de *Calotermes flavicollis*, on trouve, non rarement, une certaine proportion d'individus, généralement de grande taille et parfois jaunâtres, aptères ou porteurs de fourreaux alaires *extrêmement courts*. Ils ne se différencient des nymphes, c'est-à-dire des futurs essaimants, que par ces deux caractères. A égalité de longueur totale, les dimensions de la tête et les proportions de ses diverses parties sont les mêmes dans les deux catégories.

On pourrait voir, dans ces individus, les larves des futurs soldats si l'on ne savait pas que ceux-ci proviennent de nymphes normales (²). Selon nous, ces grandes larves aptères ont une double origine; elles dérivent, par voie descendante, de nymphes âgées, ou, par voie ascendante, de jeunes larves. En voici les preuves :

I. *Par voie descendante.* — Dans des élevages composés exclusivement de nymphes du septième stade (le dernier avant le stade imaginal), les individus qui muent s'engagent dans quatre voies différentes, et deviennent : 1° quelques-uns, suivant leur destinée normale, des sexués ailés; 2° d'autres des soldats-blancs puis des soldats adultes; 3° certains des sexués néoténiques; 4° ce que nous nommerons des *faux-ouvriers* ou *pseudergates*.

Cette dernière catégorie correspond aux grosses larves aptères. La mue a eu pour effet de raccourcir ou de supprimer les fourreaux alaires et d'effacer les ébauches oculaires (si celles-ci avaient apparu) que portaient les nymphes du

(¹) Séance du 13 janvier 1947.

(²) P.-P. Grassé et Ch. Noirot, *Comptes rendus*, 223, 1946, pp. 929-931.

septième stade, sans toutefois réduire le nombre des articles antennaires. Elle a donc fait accomplir à l'individu un indéniable retour en arrière et, en

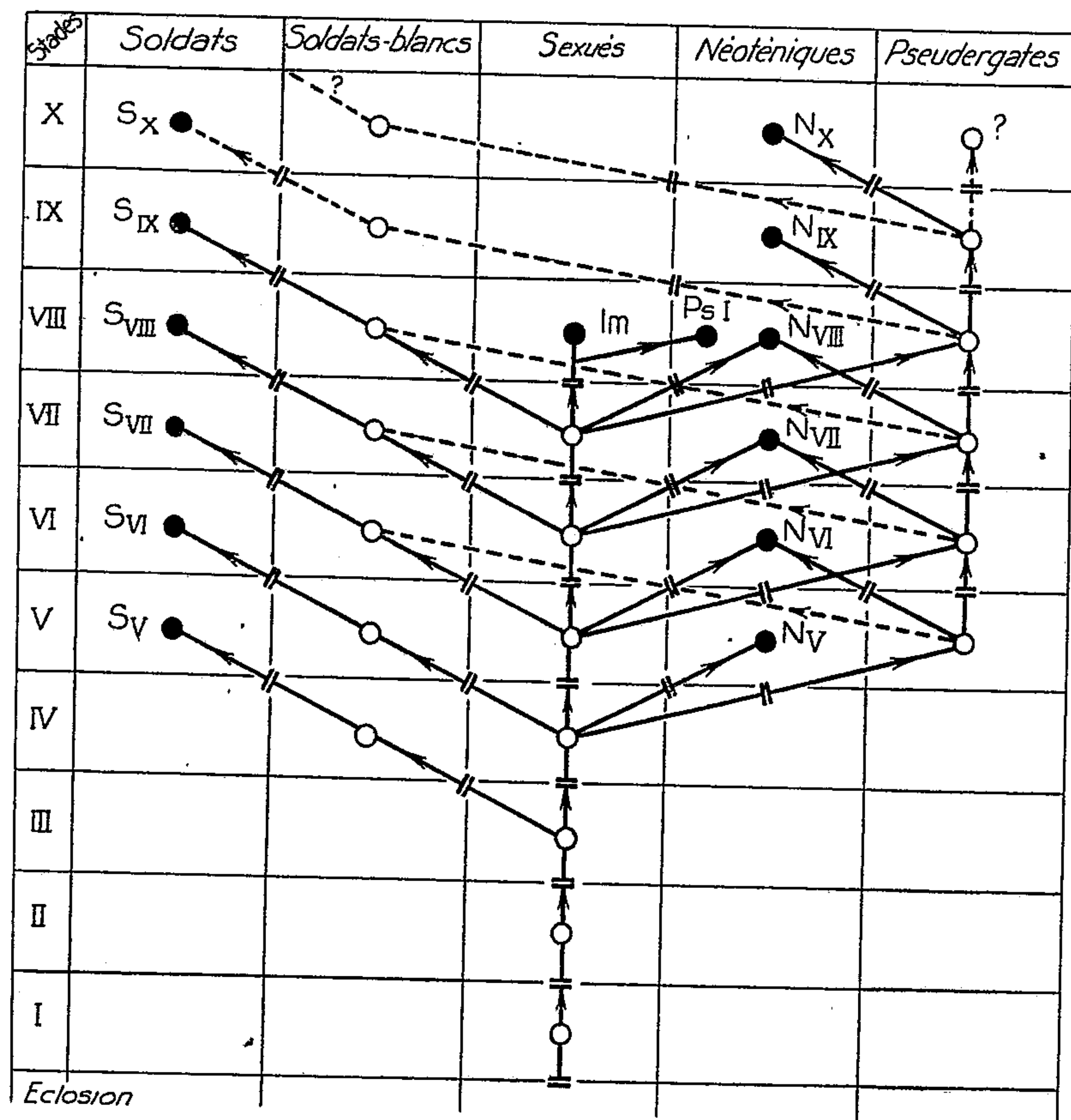


Schéma des diverses potentialités ontogénétiques du *Calotermes flavicollis*.
Im, imago; *Ps-I*, pseudo-imago.

quelque sorte, l'a rajeuni, l'a différencié. Pour cette raison nous qualifierons cette mue de *régressive*.

Les larves du huitième stade ainsi formées subissent par la suite de nouvelles mues qui sont encore du type régressif et font disparaître toute trace de fourreaux alaires (³).

Les sociétés composées de nymphes du sixième stade donnent des résultats en tous points comparables.

II. *Par voie ascendante*. — Certains pseudergates dérivent de larves qui continuent à muer et à s'accroître *sans acquérir de fourreaux alaires*. En voici la preuve. Des sociétés composées uniquement de larves du quatrième stade, rigoureusement aptères, ont donné,

---

(³) La mue que subit une nymphe pour devenir soit un soldat-blanc, soit un sexué néoténique, a un caractère différent. Elle tend, non à effacer les traits particuliers, mais au contraire à les créer ou à les accentuer (œil composé du néoténique, mandibules du soldat).

après la mue de leurs membres : 1° des sexués néoténiques; 2° des nymphes à fourreaux alaires normaux; 3° des larves sans fourreaux.

Ces dernières sont réellement des *pseudergates*, que rien ne distingue de ceux réalisés par voie descendante; ils sont toutefois un peu plus petits. Il est vraisemblable qu'ils continuent à grandir et à muer, tout en restant aptères.

Quelle est donc la signification des vieilles larves aptères ? Pour le savoir, nous avons constitué, *exclusivement* avec elles, des groupes comptant quelques dizaines de sujets. Peu après la constitution de telles sociétés, nombreux sont les individus qui entrent en mue et se transforment en sexués néoténiques (jusqu'à 33 % de la population totale).

En revanche, *dans une société complète et équilibrée, les vieilles larves aptères sont stabilisées et ne muent qu'à de longs intervalles*, si elles muent encore, d'où peut-être leur teinte vieil ivoire. Elles correspondent, quant au comportement et au service social, aux ouvriers des Termites supérieurs, d'où le nom de *faux-ouvriers* ou *pseudergates* que nous leur appliquons. Mais il est bien entendu qu'elles en diffèrent par leurs potentialités ontogénétiques, puisqu'elles peuvent, sous certaines conditions, devenir des sexués néoténiques. Nos expériences n'ont pas encore assez duré pour nous apprendre si les pseudergates ont conservé, en outre, la faculté de se transformer en soldats ou en ailés. Nous inclinons à le croire.

Les pseudergates ne paraissent pas réservés aux seuls *Calotermes*. Les grandes larves à *grosse tête* que Light, chez *Zootermopsis nevadensis*, insère dans la lignée des soldats leur correspondent peut-être. Les formes semblables à des nymphes, mais dépourvues de fourreaux alaires que l'on trouve dans certains nids de l'*Archotermopsis wroughtoni*, sont à coup sûr des pseudergates et, selon toute vraisemblance, il en va de même des prétendus ouvriers du *Mastotermes darwinicusis*, le plus archaïque des Termites.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Le* Quadratum *des Ratites*.

Note de M^lle **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Le *Quadratum* des Oiseaux, partie supérieure du premier arc viscéral, s'articule avec l'Articulaire, partie inférieure du même arc (intimement uni aux autres pièces osseuses mandibulaires), vers le bas, le Quadrato-jugal, du côté externe,[1] le Ptérygoïdien, du côté interne; enfin, chez les Carinates, il présente, en général, vers l'arrière, deux têtes d'articulation s'emboîtant dans des surfaces concaves correspondantes du crâne : l'une, antéro-externe, à la base du Squamosal, l'autre, postéro-interne, à l'extrémité de la columelle opisthotique, et P. R. Lowe (1926) a montré l'importance de cette région du *Quadratum* comme *facteur de classification*. Chez les Ratites, dans sa partie postérieure, le corps de l'Os carré s'articule également avec la base du Squamosal et l'Opisthotique, mais cette articulation n'a aucune mobilité : la

tête articulaire, unique, allongée, légèrement convexe, forme, dans son ensemble, un angle dièdre, très obtus du côté de l'os, donnant à cette extrémité du *Quadratum* l'aspect de la *forme en fer usitée par les cordonniers* (P. R. Lowe).

L'Os carré de certains Reptiles, Dinosauriens et Chéloniens surtout, est fortement enclavé dans le crâne, entre le Squamosal et le Quadrato-jugal; et, chez le Casoar (*Casuarius*), il en est un peu de même : le Squamosal entoure largement le *Quadratum*, presque jusqu'à son articulation avec le Quadrato-jugal (*fig.* B); l'emboîtement des deux os est assuré par une facette articulaire

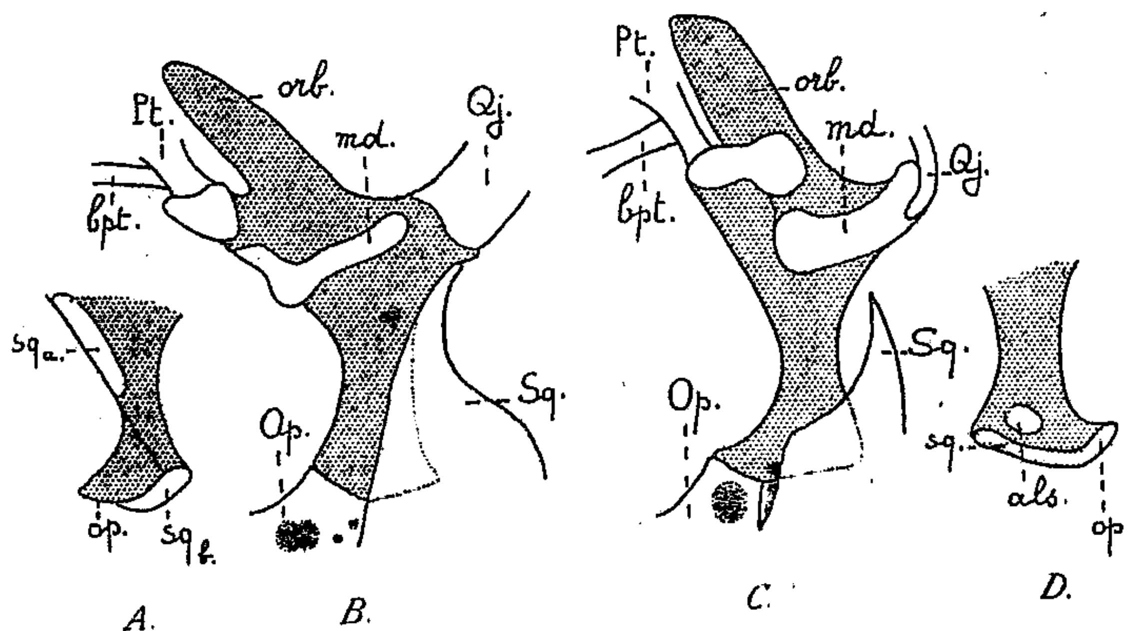


Schéma du *Quadratum* gauche de deux jeunes Ratites, d'après des pièces du Museum (Anatomie comparée).

A et *B*, *Casuarius* sp. (Casoar). Actuel en Australie. — *A*, corps du *Quadratum* (région postérieure) vu par sa face supérieure, pour montrer les facettes d'articulation avec le Squamosal (région apophysaire, sq_a; région basale, sq_b) et l'Opisthotique (*op.*). — *B*, *Quadratum* vu par sa face inférieure.

C et *D*, *Rhea americana* Lath. (Nandou). Actuel en Amérique du Sud. — *C*, *Quadratum* vu par sa face inférieure. — *D*, corps du *Quadratum* (région postérieure) vu par sa face antérieure, pour montrer les facettes d'articulation avec le Squamosal (*sq.*), l'Opisthotique (*op.*) et l'Alisphénoïde (*als.*).

Le *Quadratum* est en grisé, à l'exception des surfaces articulaires. — *orb.*, apophyse orbitaire; *md.*, surface d'articulation pour la mandibule; *Sq.*, Squamosal; *Op.*, Opisthotique; *Qj.*, Quadrato-jugal; *Pt.*, Ptérygoïde; *bpt.*, apophyse basiptérygoïde. L'avant est en haut. Grandeur naturelle environ.

plane et ovale, du côté supérieur du *Quadratum* (*fig.* A), correspondant à une facette de l'apophyse squamosale. Ces rapports du Squamosal avec l'Os carré, très importants et caractéristiques des Ratites les plus archaïques, les *Casuaridæ*, n'avaient jamais été signalés : ils ne sont bien discernables, d'ailleurs, que chez les jeunes sujets. En moins accentués, on les observe aussi chez l'Émeu (*Dromæus*, *Dromæidæ*), où l'Os carré présente encore une petite facette articulaire pour l'apophyse du Squamosal, beaucoup plus courte que chez le Casoar.

Le *Quadratum* du Nandou (*Rhea*), dégagé du Squamosal, bien davantage que celui du Casoar et de l'Émeu (*fig.* C), s'articule avec cet os dans sa région basale; seulement, la fixité est assurée, en outre, par une facette arrondie qui, placée à la partie antérieure du *Quadratum*, à proximité de sa tête, l'unit à une

facette correspondante de l'Alisphénoïde (*fig.* D). Chez l'*Apteryx*, dont je n'ai pas eu d'exemplaire jeune à ma disposition, il existe aussi une facette alisphénoïdale (T. J. Parker, 1891).

Le *Quadratum* de l'Autruche (*Struthio*), enfin, n'a plus qu'une articulation postérieure, celle de la tête avec la base du Squamosal et l'Opisthotique, comme chez les Carinates, mais il n'y a pas trace du bicéphalisme typique de ces derniers (¹).

En résumé, l'Os carré des Ratites montre des affinités indiscutables avec celui des Reptiles, mais il n'est pas également archaïque chez tous : on le voit évoluer, des *Casuaridæ* aux *Struthionidæ*, par dégagement progressif du Squamosal, sans, cependant, atteindre le type des Carinates, à double énarthrose basale, assurant sa mobilité dans le jeune âge. Sauf chez les Autruches, qui, en cela, se rapprochent un peu des autres Oiseaux, le corps de l'os possède une facette arthrodiale particulière en rapport avec son enclavement dans le crâne, plus prononcé chez les Casuariformes, où cette facette est squamosale, que chez les Rhéiformes et les Aptérygiformes, où elle est alisphénoïdale.

La morphologie du *Quadratum*, comme celle de la Ceinture scapulaire (²), vient donc affirmer le caractère primitif des Ratites, que des arrêts de développement semblent avoir empêchés de devenir des Oiseaux véritables; et les formes actuelles seraient bien, comme l'a dit P. R. Lowe, des « fossiles vivants », reliques d'un passé lointain, à l'aurore de la vie aviaire.

ÉVOLUTION MORPHOLOGIQUE. — *Rôle des bandelettes musculaires dans le phénomène appendiculaire. Une affinité organique supplémentaire entre le Gibbon et l'Homme.* Note (¹) de M. FRÉDÉRIC GLUCKMANN, présentée par M. Paul Portier.

Les bandelettes cæco-ascendantes sont des cordons musculaires puissants, dont l'activité assure le relèvement et la mobilisation du bol cæcal. Elles représentent la presque totalité de la musculature longitudinale du gros intestin de l'embryon, étalée encore avant la naissance en une couche continue. On ne les rencontre que chez quelques Mammifères très disparates, et leur nombre varie avec l'espèce (de 2 à 5). Elles ont joué, chez les Primates, un rôle déterminant dans le phénomène de différenciation de l'appendice.

(¹) Bien que les *Tinamidæ*, Carinates primitifs, possèdent une seule tête basale articulaire, dont la forme se rapproche de celle du *Struthio*. Quant à la facette unique des Alectéropodes, parmi les Galliformes, P. R. Lowe la considère comme un caractère secondairement acquis.

(²) M. FRIANT, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 711; *Revue de Zoologie et de Botanique africaines*, t. XXXIX, 2, 1946, p. 203.

(¹) Séance du 13 janvier 1947.

Absentes ou *incomplètes* chez les Primates inférieurs (*fig.* 1-3), ces bandelettes sont très robustes chez les Primates supérieurs. Elles forment, sur le

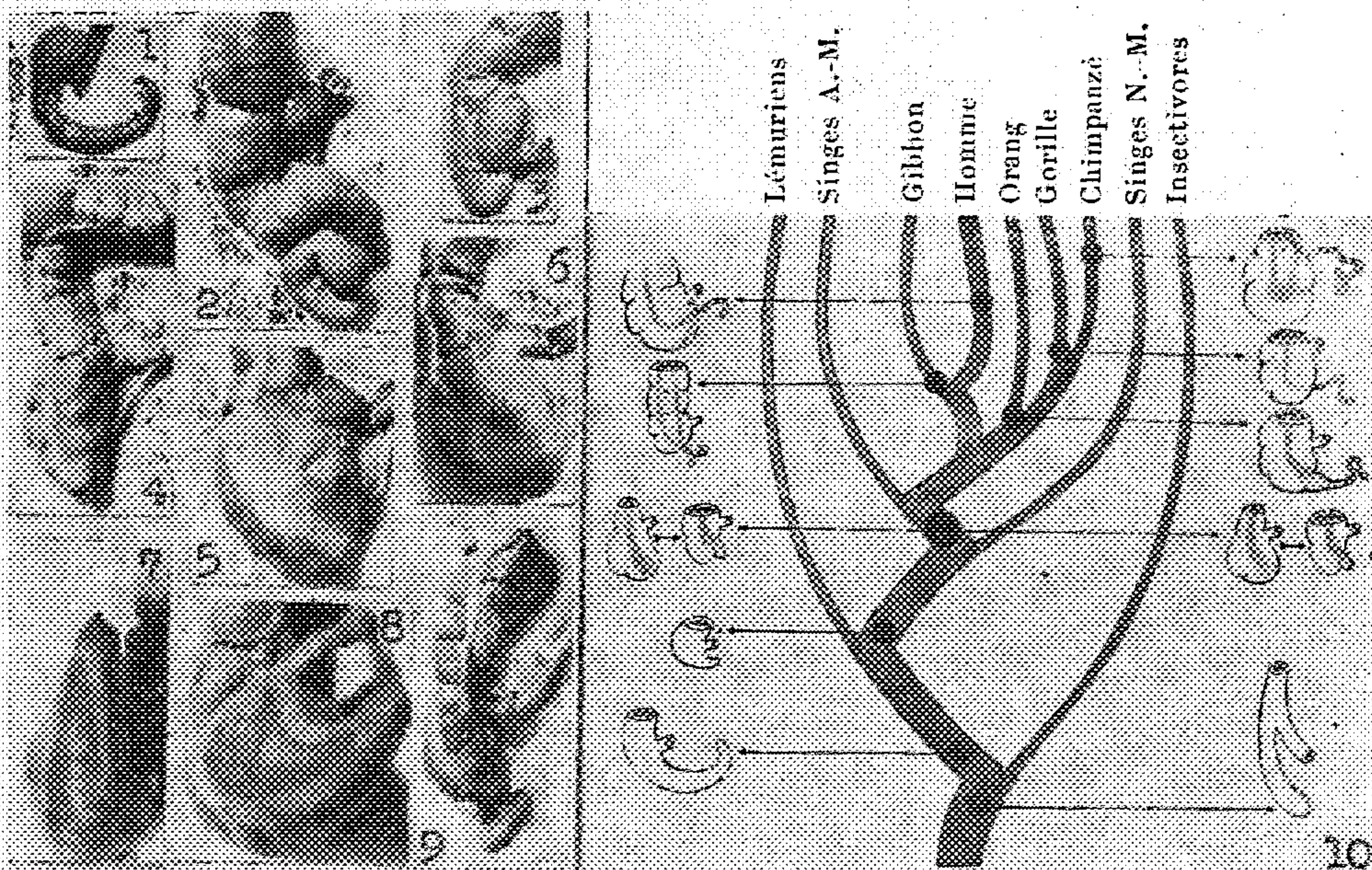


Fig. 1-3. Cæca de Primates inférieurs. — Fig. 1. Cæcum de *Lemur catta*. Pas de bandelettes. — Fig. 2. Cæcum de *Lemur mongoz rufifrons*. Bandelettes très réduites, s'arrêtant *à la limite du cæcum*. — Fig. 3. Cæcum de *Cebus flavus*. Pas de bandelettes. — Fig. 4-6. Cæca de Singes de l'Ancien Monde (*Cercopithecus sabæus* et *Papio cynocephalus*, fig. 5, 6). Bandelettes très puissantes, *prolongées jusqu'au sommet*, où elles fusionnent. — Fig. 7. Cæcum de *Macacus cynomolgus*, contracté (vue inférieure); *convergence apicale* des bandelettes principales. — Fig. 8. Même organe, vue médio-antérieure; on voit une bandelette principale et la bandelette interne, *exclusivement cæcale* (1/2 ×). — Fig. 9. Cæco-côlon et appendice de Gibbon (*Hylobates lar*) adulte, 90cm de taille. Passage des bandelettes sur l'appendice; appendice long de 9cm, deux fois spiralé, très robuste, cylindrique et rigoureusement apical. *Trois bandelettes*; (1/2 ×). Pièces préparées au Muséum d'Histoire Naturelle. Photographies d'après nature. — Fig. 10. Schéma généalogique des Primates, avec les étapes évolutives de l'appendice, reconstituées d'après les formes organiques présentées par les Primates actuels. Graduation strictement progressive de sa différenciation phylétique.

côlon des Singes (27 spécimens examinés), un fort relief nacré, se prolongent sur les faces du cæcum, et fusionnent [2] à son sommet (*fig.* 4-6).

L'accroissement évolutif des bandelettes — *se rejoignant sous l'apex du cæcum* — apparaît comme un mouvement adaptatif par excellence, qui a créé, sous cet organe lourd et dilaté [3], *un point d'appui* pour leur contraction (*fig.* 6).

Et comme chez *tous* les Primates supérieurs, ces bandelettes se continuent avec la musculature de l'appendice différencié, leur évolution subséquente — *suivant le substratum du futur appendice dans son isolement excentrique et l'entourant d'une coque musculaire puissante* — est donc la seule concevable.

---

[2] C'est *au point même* de cette fusion que se produit le phénomène contractile [3].
[3] *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1183; voir figures 11 et 14.

Dans la définition de l'appendice ([4]), *la notion des bandelettes musculaires est par conséquent inséparable de celle de l'appendice lui-même, dont elles sont les génératrices phylétiques, les composantes anatomiques et la raison même d'être.*

Dans une Note qui date de 1940 ([5]), nous avons conclu que les formes particulières de l'appendice différençié impliquaient une évolution *double* et divergente à partir des Singes, l'une passant par le Gibbon et aboutissant à l'Homme, l'autre suivant la lignée des grands Anthropoïdes (*fig.* 10). Des faits nouveaux viennent apporter une confirmation concrète à cette vue théorique. Nous avons constaté des traits communs supplémentaires chez les genres de ces groupes évolutifs, concernant précisément *les bandelettes musculaires.*

Au bas de l'échelle, les Singes présentent *deux bandelettes* complètes (*fig.* 6-7), et quelquefois une (ou même deux) limitées au cæcum (*fig.* 8). Les grands Anthropoïdes ont conservé *tous* le type primitif, à deux bandelettes (13 cas examinés). Chez l'Orang (3 cas examinés) et chez le Chimpanzé (8 cas), elles ont subi seulement une torsion interne, de 45°, sur leur segment cæcal ([3]).

Or, contrairement aux Anthropoïdes et *à tous les Primates*, le Gibbon possède *trois bandelettes*, comme l'Homme (5 cas examinés). Avec cette différence importante que sa bandelette externe est *encore incomplète*, naissant très haut sur le côlon ascendant. Mais, dans tous les cas, c'est l'ensemble des bandelettes qui se continuent sur l'appendice pour lui former, par leur triple convergence, sa musculature externe, *exactement comme chez l'Homme* (*fig.* 9).

La bandelette externe du Gibbon semble donc d'origine *cæcale*, et développée secondairement. En fait, le Gibbon a une attitude verticale ([3]) et dans sa démarche et dans son repos; la propulsion des matières dans un canal devenu ascendant en permanence ([6]) a nécessité des moyens mécaniques surajoutés.

Cette affinité organique supplémentaire entre les genres des groupes supérieurs des Primates, appuie ainsi *anatomiquement* la thèse de la double évolution, à tracés autonomes, de l'appendice différencié.

([4]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 156.

([5]) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 118.

([6]) La condition *arboricole* de la plupart des Primates, et particulièrement du Gibbon, accentue davantage l'amplitude et la permanence de l'attitude verticale.

En réalité, les simples variations de l'amplitude de l'érection ne suffisent pas pour expliquer *les différences* (variations et écarts) de développement de l'appendice dans les groupes considérés. L'intensité du travail neuro-musculaire que *doit* fournir l'appareil cæcal ([3]), *et dont le développement de ses structures sera le reflet*, dépendra aussi de nombreux autres facteurs, secondaires et complexes, qui ajoutent de nouveaux éléments au problème : *régime alimentaire* (poids et consistance des matières cæcales); *capacité du cæcum* (quantité de matières à propulser); *fréquence des évacuations* et de la mise en jeu de l'appareil cæcal; *longueur du côlon ascendant*, etc. La somme des valeurs de tous ces facteurs combinés peut donner seule la mesure réelle du travail neuro-musculaire auquel l'appareil cæcal doit pourvoir, — et leur variabilité expliquer la plasticité inégale des structures de cet appareil.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'aberration chromatique de l'œil.* Note [1] de M. **Alexandre Ivanoff**, présentée par M. Jean Becquerel.

Au sujet de la comparaison des résultats théoriques et expérimentaux. — Lorsque l'on compare l'aberration chromatique mesurée à l'aberration chromatique calculée, en admettant une certaine valeur de la dispersion pour les divers milieux de l'œil, il faut procéder avec précaution. On calcule, en effet, la « variation chromatique de puissance », $\Delta D = D - D_0$ (D_0 étant la puissance de l'œil théorique pour la raie jaune du sodium, et D sa puissance pour une autre longueur d'onde), alors que l'on mesure le défaut de mise au point, l'« amétropie chromatique », correspondant à une certaine longueur d'onde (l'œil étant supposé emmétrope pour la raie jaune du sodium). On sait que $D = n'/f'$ (n' étant l'indice du corps vitré, et f' la longueur focale de l'œil). D'où $\Delta D = -n'/f'^2 \Delta f' + \Delta n/f'$. Nous allons voir que l'aberration chromatique mesurée correspond au premier terme seulement de cette « variation chromatique de puissance », celui qui mesure la défocalisation.

Appliquons la formule de conjugaison des systèmes centrés à l'œil théorique. Pour la raie jaune du sodium on a

$$\frac{n'_0}{f'_0} = D_0 \tag{1}$$

(point objet à l'infini, point image au foyer image, sur la rétine). Pour une autre longueur d'onde on a

$$\frac{n'}{l'} = R + D, \tag{2}$$

l' étant l'abscisse de la rétine par rapport au point principal image, et R la proximité du remotum.

Lorsque la longueur d'onde varie, le point principal image reste fixe à quelques millièmes de millimètre près [2], l' est par conséquent égal à f'_0, et l'équation (2) peut s'écrire

$$\frac{n'}{f'_0} = R + D. \tag{3}$$

Des équations (1) et (3) on déduit immédiatement que

$$-R = D - D_0 - \frac{n' - n'_0}{f'_0} = \Delta D - \frac{\Delta n'}{f'_0}.$$

C'est cette quantité, et non ΔD, que l'on mesure expérimentalement, lorsque l'on cherche les mises au point correspondant à diverses longueurs d'onde.

---

[1] Séance du 13 janvier 1947.

[2] Voir, par exemple, *Le chromatisme de l'œil*, par le Dr Polack (*Société d'Ophtalmologie de Paris*, 1923, p. 93).

Au sujet de ma Note précédente sur l'aberration chromatique de l'œil (3). — J'y comparais mes résultats expérimentaux moyens obtenus sur 7 yeux (à savoir $1^d,10$ pour $452^{m\mu},5$, $0^d,47$ pour $514^{m\mu}$, et $-0^d,47$ pour $712^{m\mu}$, par rapport à la raie jaune du sodium), avec ceux calculés par le Dr. Polack et par M. Y. Le Grand, en admettant pour les divers milieux de l'œil une dispersion voisine de celle de l'eau légèrement salée (à savoir $1^d,11$ pour $452^{m\mu},5$, $0^d,51$ pour $514^{m\mu}$, et $0^d,55$ pour $712^{m\mu}$). Les deux termes de cette comparaison sont à corriger.

En améliorant la précision de mes calculs et de mes mesures (4) (ce qui a beaucoup atténué les différences entre les côtés nasal et temporal d'un œil, précédemment signalées par moi), et en étudiant 4 nouveaux yeux, j'arrive finalement aux moyennes suivantes :

$0^d,99$	pour $452^{m\mu},5$
$0^d,45$	pour $514^{m\mu}$
$-0^d,44$	pour $712^{m\mu}$

(avec un écart quadratique moyen de l'ordre de 10% de la valeur de l'aberration).

D'autre part, ainsi que nous l'avons vu ci-dessus, il faut considérer non pas la *variation chromatique de puissance*, mais uniquement le terme $-(n'/f'^2)\Delta f'$. Ce qui mène, en admettant une dispersion voisine de celle de l'eau légèrement salée, aux chiffres suivants :

$0^d,82$ pour $452,5^{m\mu}$, $0^d,38$ pour $514^{m\mu}$, $-0^d,44$ pour $712^{m\mu}$.

Aberration chromatique d'un œil privé de cristallin. Conclusions. — Il semblerait donc que la dispersion des divers milieux oculaires est effectivement voisine de celle de l'eau légèrement salée, pour les grandes longueurs d'onde, mais plus forte pour les courtes longueurs d'onde.

On est évidemment tenté d'incriminer le cristallin, milieu le plus réfringent de l'œil. Des mesures effectuées sur un œil privé de cristallin m'ont montré l'exactitude de cette hypothèse : l'aberration chromatique d'un œil aphaque est approximativement la même que celle d'un œil normal dans le rouge, et beaucoup plus faible dans le bleu.

Il me semble par conséquent très probable que la dispersion des divers milieux oculaires est voisine de celle de l'eau légèrement salée (facteur de constringence $n_D - 1/n_F - n_C$ voisin de 53; pour l'eau pure : 55,5), sauf en ce qui concerne le cristallin plus dispersif pour les courtes longueurs d'onde (facteur de constringence voisin de 47).

(3) *Comptes rendus*, 223, 1946, pp. 557-558.

(4) Dont on pourra lire le détail dans un article de la *Revue d'Optique* (actuellement sous presse).

BIOLOGIE. — *Le cycle évolutif du nid de Polistes (Hyménoptères-Vespidæ).* Note de M. **Édouard Ph. Deleurance**, présentée par M. Louis Fage.

Le nid de *Polistes*, que son apparente simplicité paraît tout naturellement désigner comme un type d'architecture primitif, est en réalité un édifice étroitement spécialisé. La connaissance de son histoire nous le montre. Elle nous permet également d'écarter toute filiation entre les architectures du type *Polistes* et du type *Vespa*.

La construction du nid de *Polistes* comprend deux périodes successives. Dans la première, l'activité constructrice se manifeste par la création de nombreuses nouvelles cellules qui se juxtaposent aux cellules préexistantes, c'est la *phase de juxtaposition*. Dans la seconde, au contraire, la principale activité consiste à exhausser les parois alvéolaires, c'est la *phase de surélévation*.

a. La phase de juxtaposition. — Nous l'étudierons chez *P. omissus* Weyrauch, espèce sur laquelle j'ai pu observer, à Marseille, le phénomène avec une grande netteté. A la fin du printemps, grâce au travail conjugué des ouvrières de la première génération, le nid s'accroît rapidement. Cet accroissement est caractérisé par la construction, dans un même plan, de nombreuses cellules périphériques *juxtaposées* aux cellules préexistantes. Les ouvrières qui naissent ultérieurement poursuivent la même tâche. Le nid devient peu à peu un gâteau régulier, à surface plane, de texture homogène, peu épais et composé de nombreux alvéoles. Pendant toute cette période, l'accroissement du nid s'effectue dans un plan *perpendiculaire* au pédicelle et va de paire avec la multiplication numérique des individus.

Il me paraît légitime d'homologuer cette phase à celle, qui, chez *Vespa*, aboutit à la constitution d'une forte population d'ouvrières. C'est essentiellement une phase de multiplication. A cet égard le gâteau de *Polistes* est l'équivalent d'un rayon du guêpier.

b. La phase de surélévation. — Mais à partir de cet instant, l'évolution du nid s'engage dans une voie différente. Bientôt, en effet, les *Polistes* ralentissent la construction des cellules nouvelles, qui d'ailleurs donneront généralement un couvain abortif. Par contre, ils concentrent leur effort sur la *surélévation* des alvéoles préexistants. Cette surélévation s'effectue en tache d'huile à partir d'un, de deux, ou même de trois massifs cellulaires. De plus l'observation montre qu'il ne s'agit pas d'un simple exhaussement des parois alvéolaires mais aussi d'une augmentation en largeur de la cellule. Chez *P. bimaculatus* Fourcroy, par exemple, le diamètre de la section droite accuse une augmentation de près d'un millimètre. Donc le volume alvéolaire croît. Cette surélévation avec élargissement de l'alvéole rend compte, d'une part de l'épaississement, dans des plans *parallèles* au plan du pédicelle, et d'autre part de l'épanouissement *en capitule*, si caractéristiques du nid à ce stade. Il est facile de comprendre, en

effet, que la superposition aux cellules préexistantes d'alvéoles plus larges provoquera, du centre vers la périphérie, une inclinaison croissante et divergente de leur axe (1). On doit noter la texture hétérogène, légère, des matériaux ajoutés qui constraste avec celle des anciennes cellules.

Le comportement passe à cette époque par une phase délicate; son trouble se manifeste parfois, par un foisonnement d'amorces cellulaires aberrantes à la face supérieure du nid, jusque vers le pédicelle. Ceci, notamment, dans les colonies orphelines.

De ces grandes cellules naîtront les mâles et les femelles futures fondatrices. On est donc en droit de les assimiler aux cellules royales de *Vespa*.

Ainsi apparaît la différence fondamentale qui existe entre les architectures de ces deux genres. Tandis que chez *Vespa* la création des grandes cellules royales s'effectue par juxtaposition d'alvéoles nouveaux à la périphérie, selon le processus classique indiqué au premier paragraphe, chez *Polistes* il y a en quelque sorte *superposition* de ces grandes alvéoles aux cellules préexistantes. On peut difficilement, de ce fait, considérer le nid de *Vespa* comme dérivé de celui de *Polistes*. On doit au contraire considérer ces deux architectures comme les produits d'une évolution parallèle en rapport avec la biologie propre à chacun de ces deux genres.

La phase *b* présente un intérêt particulier. Nous assistons là en effet à une modification importante, à une *réorganisation* d'un comportement. Étant plus qu'une simple sommation d'activités, le comportement demande un réajustement, une révision des données. Il réalise l'harmonieuse transformation d'un système de construction dans un autre. Et la Guêpe ne triomphe de cette révolution architecturale qu'au prix d'erreurs multiples et d'une construction souvent imparfaite.

Les cellules royales présentent un autre intérêt. La surélévation avec élargissement alvéolaire s'étend généralement à la totalité du nid. Elle affecte des cellules pourvues d'œufs, de larves à des âges divers, et même des cellules vides. Les nouveaux alvéoles bâtis à la périphérie à cette époque sont, eux aussi, du type royal. Quel est donc le déterminisme de leur apparition? Et plus généralement encore, où réside la régulation qui harmonise la capacité alvéolaire avec la taille de la larve? L'étude des cellules royales de *Polistes* apportera sans doute des indications précises à ce sujet. Pour le moment, nous devons nous contenter de constater ce comportement. Précisons toutefois que certaines larves, littéralement enfouies du fait de cette surélévation, se trouvent hors d'atteinte des ouvrières et périssent d'inanition. Que par contre un œuf déposé le long de la paroi alvéolaire à une grande distance à partir du fond, donne une

(1) Ce phénomène ne doit pas être confondu avec une divergence centrifuge similaire que l'on rencontre pendant la phase *a* et qui s'observe également dans les rayons de *Vespa*. L'origine de cette particularité tient à des causes différentes.

larve, qui, à maturité, provoque une surélévation accélérée des parois cellulaires. Ce réajustement compense la perturbation de l'équilibre alvéo-larvaire que la position de l'œuf avait initialement apportée.

Notons enfin pour terminer que la grande diversité qui s'observe dans la taille des nids de *Polistes* que l'on rencontre à l'automne, dans la nature, provient de l'existence des phases *a* et *b* précitées. La phase *a* (multiplicatrice), en cas d'éclosions tardives d'ouvrières, peut être très limitée. Ce retard n'est pas compensé et les Guêpes passent aussitôt à la phase *b*. Même avec une riche population, la multiplication alvéolaire reste limitée.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Recherche du glycogène dans les tissus de régénération chez les Batraciens*. Note (1) de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans les régénérats de membres chez l'Axolotl, Okuneff (2) et Wladimirova (3) ont montré que le taux d'acide lactique, très augmenté dans le tissu de régénération par rapport au tissu normal, était en corrélation avec les différents stades de la régénération. Il y a une glycolyse lactique provenant de glucides présents dans les tissus du régénérat. Le glycogène y pourrait jouer un rôle. Nous l'avons recherché dans les régénérations des membres de *Triton cristatus* amputés au milieu de leur longueur et dans celles d'ébauches de membre chez les têtards d'*Alytes obstetricans* après ablation totale. Nous avons utilisé diverses méthodes histochimiques : fixations, de Pasteels, Bouin-Allen, alcool picrique; colorations, à l'iode, de Best, de Bauer. Les régénérats étudiés ont été accompagnés, dans les diverses manipulations, par des fragments de foie servant de témoins. Nous avons fait cette recherche à différents stades de la régénération, depuis le début du processus jusqu'à la formation d'un bourgeon en forme de cône.

Chez le Triton, la mise en évidence du glycogène a toujours été négative dans les régénérats. La régénération de la partie amputée de membre est conditionnée par celle conservée du moignon et, indépendamment des tissus de régénération eux-mêmes, nous avons aussi étudié les tissus anciens adjacents au régénérat, en particulier le tissu musculaire. Les parties de muscles immédiatement en contact avec le régénérat sont l'objet de transformations importantes, le glycogène y est aussi absent. Celles à la suite, plus proximales, non atteintes par la régénération, présentent au contraire, la réaction positive normale du glycogène. Nous pensons que la disparition du glycogène dans la région de transformation des muscles directement en rapport avec le régénérat est en

(1) Séance du 13 janvier 1947.
(2) *Bioch. Zeitschr.*, 257, 1933, p. 242.
(3) *Trav. Lab. Zool. exp. Acad. Sc. U.R.S.S.*, 4, 1935, p. 131.

relation, au moins pour une part importante, avec la glycolyse lactique mise en évidence dans le régénérat.

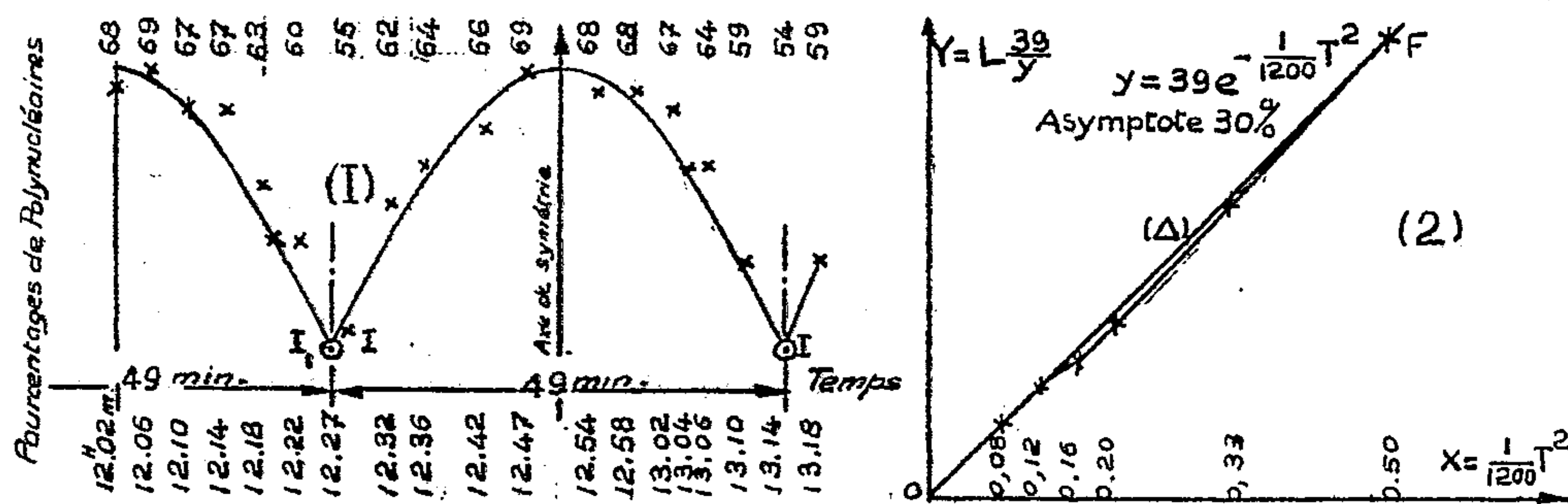
Chez le Têtard d'Alyte, il s'agit de la régénération de l'ébauche du membre qui, indépendamment de la cicatrisation épidermique, se reconstitue d'abord par une accumulation, *in situ*, d'éléments cellulaires mésenchymateux. Ceux-ci, dans la suite, se multiplient et s'organisent en un nouveau bourgeon. A aucun des différents stades de la régénération nous n'avons observé la présence de glycogène, ni dans les régénérats, ni dans les tissus voisins leur servant de bases.

Si, dans le type de régénération observé chez le Triton, le glycogène des tissus musculaires jouant un rôle dans la formation des régénérats nous semble pouvoir être une source d'énergie pour ces régénérats, il n'apparaît pas indispensable à toute morphogénèse, comme l'indiquerait son absence totale chez le Têtard d'Alyte.

BIOMÉTRIE LEUCOCYTAIRE. — *Sur l'existence des rythmes leucocytaires et leurs significations cliniques.* Note [1] de M. **Émile Pinel**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

En effectuant, toutes les 1 à 10 minutes au plus, à l'aide d'un hémo-étaleur, qui élimine totalement l'intervention personnelle de l'opérateur, des étalements *comparables* de sang périphérique, chez le sujet sain et dans les cas pathologiques, on relève les faits suivants :

A. Les rythmes leucocytaires. — *a. Cas d'une cause leucogénétique permanente.* — 1° Le pourcentage de polynucléaires, dans la formule leucocytaire simplifiée, qui reste constant dans le temps et sur la périphérie de l'organisme du sujet sain, varie, dans les cas pathologiques, de la manière qui nous est révélée par le graphique 1 ci-après, où l'on a porté les temps en abscisses et les



pourcentages de polynucléaires en ordonnées. 2° La portion de courbe C a pour équation

$$y = 39\, e^{-\frac{1}{1200}T^2} \qquad (1)$$

(où $e = 2,718$, T représente le temps, compté à partir de l'axe de symétrie,

[1] Séance du 23 décembre 1946.

y la partie du pourcentage de polynucléaires qui est en excès par rapport au niveau de la droite, convenablement choisie, d'équation $y = 30$). En effet, comme le montre le graphique 2, résultant de l'utilisation du procédé bien connu de la substitution logarithmique, si la courbe représentée par l'équation (1) ne coïncidait pas avec C, les points expérimentaux s'écarteraient très nettement de la droite théorique Δ, en raison de la dilatation d'échelle provoquée par cette substitution, ce qui n'a pas lieu. 3° L'équation (1) représente, comme on le sait, une courbe en cloche de Gauss. Or, il se trouve que les points d'inflexion théoriques sont confondus en F avec les points I. Les courbes successives sont disposées de telle manière que les points d'inflexion, tels que I_1 et I, sont confondus, ou sur la même parallèle aux ordonnées si les sommets des deux courbes C et C_1 ne sont pas au même niveau. 4° Au cours du temps, l'écart E séparant les points I, qui est compris entre 22 minutes minima et 1 h. 20 min., reste constant dans une période de quelques heures à 2 jours dans les cas extrêmement aigus, relativement rares, mais généralement de 8 à 15 jours, comme le montre le tableau ci-après.

Sujet. — Mme J..., 24 ans. Début de tuberculose pulmonaire.

Dates.	Rythmes en minutes.	Heures d'amorce des courbes. Théoriques (a).	Expérimentales.
10-6-45	42•	10.45•	10.45•
11 »	44	9.51	9.50
13 »	42	12.15	12.12
15 »	43	10.27	10.20
18 »	42	11 57	11.57
20 »	43	10.09	10.10
22 »	36•	9.28•	9.28•
23 »	36	8.52	8.52
25 »	35	13.04	13.00
27 »	35	11.52	11.53
30 »	36	10.04	10.04

(a) tenant compte des processus cycliques et à partir des instants affectés d'un point.

b. Cas de deux causes leucogénétiques permanentes. — La portion de courbe C fait place à un ensemble de deux portions de courbes C_1 et C_2, limitées, comme elle, à leurs points d'inflexion (tableau ci-après). Il suit de là qu'il existe des rythmes leucocytaires dans les cas pathologiques et que les

Sujet. — Mme P..., 32 ans. Tuberculose osseuse C_1 et colibacillose C_2.

Dates.	Rythmes (en min.). C_1.	C_2.	Heures d'amorce des courbes. Théoriques. C_1.	C_2.	Expérimentales. C_1.	C_2.	Asymptote.
11-11-45	63•	40•	10.00•	11.03•	10.00•	11.03•	Commune
14	64	40	10.06	11.09	10.02	11.08	»
20	64	40	10.18	11.21	10.20	11.24	»
2-12	60•	32•	9.40•	10.40•	9.40•	10.40•	»
3	60	30	10.12	11.12	10.12	11.12	»
9	60	30	13.24	14.24	13.23	14.23	»

évolutions des pourcentages de polynucléaires sont représentables graphiquement par des suites discontinues d'ensembles de portions de courbes en cloche de Gauss limitées à leurs points d'inflexion; le nombre de courbes de chaque ensemble étant égal au nombre de causes leucogénétiques. Enfin, les niveaux des asymptotes varient dans le même sens que les rythmes correspondants. Le sommet de la courbe se confond définitivement avec l'asymptote lorsque son niveau est égal à la normale réelle du sujet sain. Ainsi, le niveau de l'asymptote représente la normale actuelle du malade, et il y a polynucléose lorsqu'une partie du pourcentage de polynucléaires est en excès par rapport à la normale actuelle.

B. Significations cliniques. — Dans les cas aigus, le rythme est inférieur à 30 minutes et la normale actuelle au-dessous de 40 %. Dans les cas chroniques, le premier dépasse 40 minutes et la seconde est souvent au-dessus de 50 %. Si le rythme s'allonge et la normale actuelle s'élève, la maladie rétrograde; elle s'aggrave dans le cas contraire. Si le rythme s'allonge et la normale actuelle reste fixe (*voir* graphique), l'amélioration constatée cliniquement n'est que passagère. La disparition d'une courbe dans un ensemble coïncide avec celle de la cause leucogénétique correspondante; l'apparition d'une nouvelle courbe coïncide toujours avec celle d'une nouvelle cause leucogénétique et même permet de la prévoir. La maladie disparaît lorsque la normale actuelle est confondue avec la normale réelle. Nous avons observé ces propriétés dans 2252 cas pathologiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Dosage de la monoiodotyrosine (3-iodotyrosine). Application aux protéines iodées.* Note (¹) de MM. **Jean Roche**, **Raymond Michel** et Mlle **Marcelle Lafon**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les protéines artificiellement iodées renferment de la monoiodotyrosine en même temps que de la diiodotyrosine et de la thyroxine [V. Ludwig et P. von Mutzenbecker (²), R. Herriott (³)]; mais les étapes successives de la genèse de la thyroxine à partir de la tyrosine dans les protéines iodées (Harington) n'a pas pu être étudiée avec précision, car aucune méthode ne permettait jusqu'ici de doser la monoiodotyrosine. Le but de cette Note est d'en proposer une.

La 3-monoiodotyrosine donne, comme la tyrosine, la réaction des phénols dite de Millon (coloration rouge en présence de sulfate mercurique et d'acide nitreux), négative avec la diiodotyrosine et la thyroxine [C. R. Harington et R. V. Pitt Rivers (⁴)]. Nous avons établi que le dosage de la

(¹) Séance du 13 janvier 1947.
(²) *Zeits. f. physiol. Chem.*, 258, 1939, p. 195.
(³) *J. of. gen. Physiol.*, 25, 1941, p. 185.
(⁴) *Biochem. J.*, 38, 1944, p. 320.

tyrosine basé par J. W. Lugg ([5]) sur cette réaction peut être appliqué à celui de $0^{mg},5$ à $2^{mg},50$ de 3-iodo-*l*-tyrosine pure, en se référant à une courbe d'étalonnage déterminée sur des solutions de ce produit ([6]). Toutefois, la coloration obtenue n'est pas identique en présence de la tyrosine et de son dérivé iodé; elle est rouge orangé avec la première, rouge carmin avec le second et, par ailleurs, son intensité est nettement plus grande dans le cas de la tyrosine. L'étude spectrophotométrique de la réaction de Millon, dans les solutions des deux corps purs et de leur mélange, a permis de réaliser le dosage de la monoiodotyrosine en présence de tyrosine.

Principe de la méthode. — Après avoir opéré la réaction de Millon sur une solution renfermant les deux produits (technique de Lugg), on détermine au photomètre de Pulfrich le coefficient d'extinction du mélange dans les deux régions spectrales où l'intensité de l'absorption propre à chacun des constituants est la plus élevée. Les positions approchées du maximum de celle-ci étant respectivement 5200 Å pour la monoiodotyrosine et 4800 Å pour la tyrosine, on procède à deux mesures successives en lumière filtrée par les écrans S_{53} et S_{47}, sélectifs au voisinage de ces deux longueurs d'onde. Soient M et *m* les valeurs du coefficient d'extinction d'un mélange inconnu obtenues sous une épaisseur donnée (2^{cm}), T et *t* d'une part, I et *i* d'autre part, celles déterminées sur des quantités C connues, isomoléculaires, de tyrosine et de monoiodotyrosine. Les quantités x de monoiodotyrosine et y de tyrosine présentes dans le mélange peuvent être calculées à partir des équations

$$(1)\quad M=\frac{I}{C}x+\frac{T}{C}y \qquad \text{et} \qquad (2)\quad m=\frac{i}{C}x+\frac{t}{C}y.$$

En effet, l'intensité de la réaction colorée suivant la loi de Beer-Lambert entre des concentrations 0,15 à $0,90.10^{-2}$ millimoléculaires de monoiodotyrosine et 0,12 à $0,60.10^{-2}$ millimoléculaires de tyrosine, I/C, *i*/C, T/C, et *t*/C, représentent les coefficicients angulaires des courbes d'étalonnage (courbes des coefficients d'extinction en fonction des concentrations 10^{-2} millimoléculaires) établies sur les solutions des corps purs en lumière filtrée par les écrans S_{53} et S_{47}. L'introduction des valeurs expérimentales d'I/C, *i*/C, T/C et *t*/C dans les équations précédentes permet de calculer x et y connaissant M et m, soit :

$$x=\frac{2,10M-1,84m}{0,97}\,3^{mg},07 \text{ de monoiodotyrosine,}$$

et

$$y=\frac{1,25m-0,90M}{0,97}\,1^{mg},81 \text{ de tyrosine.}$$

([5]) *Biochem. J.*, **31**, 1937, p. 1422, et *Ibid.*, **32**, 1938, p. 755.

([6]) Nous remercions vivement le Professeur Harington d'avoir mis à notre disposition la 3-iodo-*l*-tyrosine de synthèse utilisée pour nos recherches.

Le dosage est exact à 5 % près dans des mélanges dont les prises d'essai renferment de 0,25 à 1^{mg},00 de tyrosine et de 0,50 à 2^{mg},00 de monoiodotyrosine. Nous l'avons appliqué aux protéines iodées après nous être assurés que le dérivé monoiodé est, comme la tyrosine, libéré sans décomposition au cours de l'hydrolyse alcaline et que ni les autres acides aminés, iodés ou non, ni leurs produits de dégradation n'interfèrent dans le dosage.

Mode opératoire. — 100 à 500^{mg} de protéine iodée sont additionnés de NaOH 5N (2^{cm^3} pour 100^{mg}) et chauffés 8 heures à 125° (bain d'huile) sous réfrigérant à reflux. Après refroidissement, on transvase dans un ballon jaugé de 10 à 25^{cm^3} et l'on ajoute SO_4H_2 5N en quantité suffisante pour réaliser une acidité 0,7 N. On prélève une prise d'essai de 5^{cm^3} au maximum dans un tube à centrifuger (en complétant au besoin à 5^{cm^3} par SO_4H_2 0,7 N) et l'on ajoute 5^{cm^3} de réactif mercurique (75^g SO_4Hg, 55^g $HgCl_2$, 70^g SO_4Na_2, 150^g SO_4H_2 et H_2O, q. s. pour 1000^{cm^3}). Après séjour de 30 minutes à 65° et d'une heure à 20°, on centrifuge le précipité renfermant le tryptophane, corps donnant une réaction colorée voisine de celle de Millon. Le liquide surnageant est transvasé dans un ballon jaugé de 25^{cm^3}, réuni aux eaux de lavage du précipité traité par 10^{cm^3} de réactif mercurique dilué au demi avec SO_4H_2 N, et complété à 25^{cm^3} par cette même solution. On ajoute ensuite 0^{cm^3},5 de nitrite de sodium à 6,9 %, ce qui provoque le développement de la réaction de Millon. On agite, on centrifuge, puis, de cinq à quinze minutes après le mélange des réactifs, on mesure au photomètre de Pulfrich (cuve de 2^{cm} d'épaisseur) l'intensité de la coloration dans les deux régions du spectre délimitées par les écrans S_{53} et S_{47}. Les valeurs de M et de m ainsi obtenues permettent de calculer les quantités x de monoiodotyrosine et y de tyrosine présentes, grâce aux formules indiquées plus haut. Les résultats (moyennes de dosages faits en double sur deux hydrolysats d'une même préparation) comportent une erreur relative maxima de 7 %.

La méthode que nous proposons n'est pas directement applicable à la thyroglobuline en raison de la faible teneur de celle-ci en dérivés iodés. Elle permet, par contre, de suivre les transformations successives de la tyrosine en monoiodotyrosine et en diiodotyrosine au cours de l'ioduration des protéines par voie chimique, processus dont nous décrirons prochainement l'évolution.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action du cétène sur les groupements thiols protéiques.* Note (1) de M. **Pierre Desnuelle** et Mlle **Mireille Rovery**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'on a maintes fois tenté d'établir un lien entre la structure chimique et l'activité physiologique de certaines protéines en les acétylant progressivement

(1) Séance du 13 janvier 1947.

à pH 5,5 par le cétène ([2]). Mais, dans ces travaux, on semble admettre de façon plus ou moins implicite que l'acétylation porte exclusivement sur les groupes —NH_2 et —OH phénoliques libres. Le cétène, pourtant, attaque la glyoxaline dans l'éther et acétyle rapidement au soufre la cystéine et l'acide α-thiolpropionique en solution aqueuse alcaline ([3]). Il convient alors de se demander comment se comportent, au cours des expériences précédentes, les noyaux imidazol et les groupes —SH apportés aux protéines, respectivement, par l'histidine et la cystéine.

En ce qui concerne tout d'abord les noyaux imidazol, nous avons pu montrer récemment ([4]) que le cétène brise lentement celui de l'histidine mais qu'il n'agit pas sur ceux des protéines. Quant aux groupes —SH protéiques, leur comportement vis-à-vis du cétène a été étudié par H. Fraenkel-Conrat dans le cas particulier de l'albumine d'œuf native ([5]). Cet auteur décrit une acétylation lente atteignant 24 % après 45 minutes. Mais il ne faut pas oublier que ces groupes se trouvent dans l'albumine native sous une forme *non-réactive* et il nous a paru intéressant de reprendre cette expérience et de l'étendre à des groupes —SH *réactifs*.

Dans une première série d'expériences, le cétène ([6]) passe (2 bulles par seconde) à travers une solution d'albumine cristallisée maintenue à 0° et tamponnée à pH 5,6. Au bout d'un quart d'heure, la protéine commence à précipiter et devient presque entièrement insoluble en 45 min. Après des temps d'acétylation variables, on sépare les fractions soluble et insoluble, puis on détermine leur teneur en groupes —SH, par le ferricyanure de K et le dodécylsulfate de Na ([7]). Les fractions solubles sont au préalable dialysées pendant 48 h. (I) et les fractions insolubles lavées soigneusement et dispersées sous azote dans le détergent (II). Dans une seconde série, le cétène barbote quelques minutes dans l'albumine dénaturée et maintenue en solution par le dodécylsulfate de Na. La protéine est ensuite précipitée par addition d'une trace d'acétate de Na, lavée et dispersée de nouveau dans le détergent (III). Nous avons alors observé que, pendant le traitement, la teneur en groupes — SH des fractions (I) reste rigoureusement égale à celle de la protéine initiale. Par contre, toutes les fractions (II) et les protéines (III) sont totalement dépourvues de groupes — SH. Ces derniers ont bien été acétylés car ils réapparaissent en grande partie quand on maintient, à 0° et pendant 5 min., les divers échantillons dans la soude 2 N.

([2]) Pour la bibliographie, voir P. Desnuelle et C. T. Chang, *Ann. Inst. Pasteur*, 71, 1945, p. 1.

([3]) A. Neuberger, *Biochem. Journ.*, 32, 1938, p. 1452.

([4]) *Biochem. et Biophys. Acta*, 1947 (sous presse).

([5]) *Journ. Biol. Chem.*, 152, 1944, p. 385.

([6]) R. M. Herriott, *Journ. Gen. Physiol.*, 18, 1935, p. 69.

([7]) A. E. Mirsky, *Journ. Gen. Physiol.*, 24, 1941, p. 709.

Ces résultats expérimentaux appellent les quelques commentaires, suivants :

1° Le cétène acétyle rapidement les — SH protéiques *réactifs* de l'albumine en solution dans le dodécylsulfate. Cette acétylation, plus rapide que celle des groupes aminés, semble susceptible d'être appliquée de façon intéressante aux protéines du type uréase-myosine, possédant des — SH *réactifs* avant dénaturation.

2° Contrairement aux assertions de M. Fraenkel-Conrat, nous n'avons jamais observé la moindre acétylation au soufre des fractions protéiques solubles.

3° Il paraît alors probable que l'albumine, perdant peu à peu sa solubilité par suite du blocage de ses groupements polaires, précipite à l'état dénaturé et que ses groupes — SH s'acétylent à ce moment. Dans cette hypothèse, les groupes — SH de la protéine native présenteraient vis-à-vis du cétène une inertie complète.

4° Mais nos résultats ne nous permettent pas à l'heure actuelle d'exclure complètement une deuxième hypothèse selon laquelle la précipitation de la protéine native serait *provoquée* par l'acétylation lente de ses groupes — SH.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Vicariance de la vitamine* B_1 *par la xanthoptérine et l'acide folique chez le Pigeon.* Note (¹) de MM. **René-Guy Busnel**, **Paul Chauchard**, Mme **Henriette Mazoué** et M. **Michel Polonovski**, présentée par M. Paul Portier.

Nous avons antérieurement démontré l'homotélie de certaines ptérines et des vitamines B_1 et B_2 chez le Rat et chez le Pigeon (²).

Ces résultats semblaient assez surprenants, aussi avons-nous cru nécessaire de les compléter par l'étude de l'action de deux autres substances ptéridiniques : la xanthoptérine et l'acide folique, que nous avons expérimentées sur le Pigeon en avitaminose B_1.

Nous avons soumis 3 lots de Pigeons au régime d'avitaminose de Randoin et Lecoq. Au 16e jour, les premières crises de polynévrite se manifestèrent. Les animaux avaient diminué de poids de 20 % en moyenne, la température était abaissée de 2° environ, et les chronaxies amenées à 15-17 mγ F.

A partir du 17e jour de l'expérience, un lot de 5 Pigeons reçoit par voie buccale 30 γ de xanthoptérine, *pro die*; le second lot de 5 Pigeons reçoit 50 γ d'acide folique; le troisième lot restant au seul régime de base, servant de témoin négatif. Ces derniers pigeons moururent après avoir perdu 73g, en moyenne, le 22e jour de l'expérience, avec une température abaissée à 39° C.

a. Les poids des pigeons ayant reçu la xanthoptérine se stabilisent, puis

(¹) Séance du 13 janvier 1947.

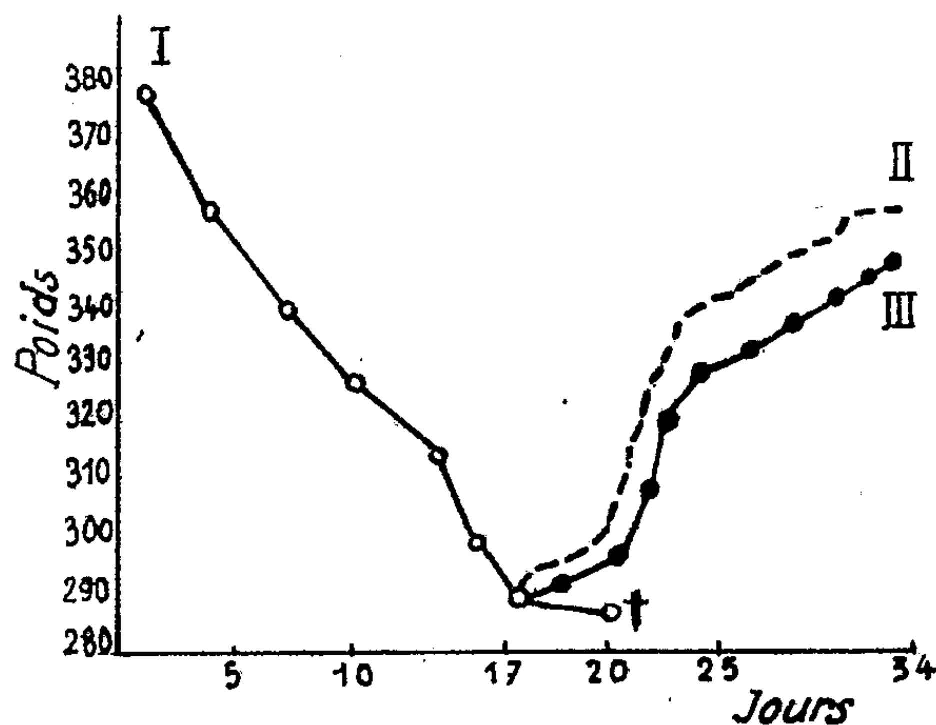
(²) *C. R. Soc. Biol.*, **140**, 1945, p. 50.

remontent progressivement; leur température atteint 40° C., et les chronaxies redeviennent normales dans les 48 heures qui suivent la première ingestion. Cependant, un Pigeon de ce lot mourut dans les 24 heures, ce qui définit le degré de carence auquel était soumis ces animaux. Pour les autres, la courbe de poids accuse une ascension rapide, et rejoint, dès le 6e jour, un poids qui ne s'éloigne plus beaucoup de sa valeur initiale. Au 37e jour de l'expérience, soit 19 jours après le début de l'ingestion de la ptérine, les gains de poids furent respectivement : 32, 56, 58, 44 grammes. Lorsque les animaux ont été sacrifiés en fin d'expérience, les glycémies se sont révélées normales.

b. Les Pigeons du 2e lot, qui reçurent 50γ d'acide folique par jour, manifestèrent un comportement analogue à ceux du lot précédent; les températures et les chronaxies redeviennent rapidement normales, et les courbes de poids témoignent d'une ascension rapide, même dans le cas d'un des Pigeons de ce lot, chez lequel une forte crise de polynévrite, survenue le lendemain de la première ingestion, fut aisément surmontée sans modifier l'allure générale du rétablissement (poids, température, chronaxie de l'animal).

Ici encore, la glycémie de ces Pigeons était redevenue normale lorsque nous les avons sacrifiés en fin d'expérience.

Les courbes ci-dessous résument l'ensemble des résultats pondéraux, chaque courbe correspond à la moyenne des 5 pigeons en expérience.



I, courbe de poids de Pigeons carencés en BI; II, + 50 γ d'acide folique; III, + 30 γ de xanthoptérine.

Conclusions. — La xanthoptérine et l'acide folique ont une action curative des troubles polynévritiques de l'avitaminose B_1 du Pigeon. L'un comme l'autre, ils ramènent à la normale l'accroissement pondéral, la température, les chronaxies et la glycémie

Ces deux dérivés ptéridiniques ont donc chez le Pigeon une action vicariante de la vitamine B_1, comme les diverses ptérines que nous avions antérieurement étudiées.

HYDROBIOLOGIE. — *La membrane biologique des filtres à sable submergé. Membrane d'hiver et cycle évolutif.* Note [1] de M. JACQUES WAUTIER, présentée par M. Maurice Caullery.

Aux descriptions déjà données [2] d'une membrane de printemps, d'une membrane d'été et d'une membrane d'automne, il me reste à ajouter celle d'une membrane d'hiver.

Cette membrane biologique a été recueillie à Ivry-sur-Seine dans le filtre n° 33, le 31 janvier 1945, après 29 jours de fonctionnement.

Elle se présentait sous l'aspect d'une pellicule brune, de cohérence faible et d'une épaisseur moyenne de $1^{mm},5$. A la différence des membranes de printemps, d'été et d'automne, elle ne comportait pas de zone superficielle. La zone profonde, seule représentée, était constituée par les espèces suivantes :

		%
Chlorococcales,	*Chlorella* B. species	1
Volvocales,	*Gonium pectorale* Müller	0,2
	Pandorina morum Bory	0,2
Bacillariales,	*Nitzschia linearis* W. Smith	33,8
	Synedra acus Kütz	21
	Synedra ulna Ehr	10,6
	Synedra pulchella Ehr	9,4
	Meridion circulare Ag	7,6
	Melosira varians Ag	6,6
	Nitzschia vermicularis (Künz) Grun	5,2
	Gomphonema constricta Ehr	2,6
	Amphora ovalis Kütz	1,8

La faune était représentée, pour 20 *Melosira varians*, par :

Flagellés,	*Bodo* Ehr. species	5
	Cercobodo Krass species	4
Ciliés,	*Stylonichia mytilus* Ehr	5
	Euplotes patella Ehr	3
	Dileptus anser O. F. Müller	1
Ostracodes,	*Cypris* O. F. Müller species	1
Cladocères,	*Chydorus sphœricus* O. F. Müller	3

De la comparaison des échantillons prélevés aux diverses saisons [3] se dégage la constatation suivante :

Pour une saison déterminée la membrane possède une structure bien définie et présente un peuplement caractéristique.

1° *Caractères de structure.* — En été, la membrane adulte se compose de deux couches : une zone superficielle de texture lâche, en réseau, ne possédant que

(1) Séance du 23 décembre 1946.

(2) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 113.

(3) Les quatre membranes décrites ont été choisies, dans toute la série des prélèvements, comme particulièrement représentatives des quatre saisons.

des attaches fragiles avec le substrat; une zone profonde de texture serrée, cohérente, d'une épaisseur beaucoup plus faible (3 à 5^{mm}), en rapport étroit avec le sable sous-jacent et composée essentiellement d'un dépôt organominéral voisin des vases et d'une population extrêmement dense.

En hiver la membrane comporte seulement une zone profonde, moins développée qu'en été (1 à 2^{mm}) et moins cohérente.

Le printemps et l'automne se présentent comme des périodes de transition entre ces deux aspects fondamentaux. Durant la première, la membrane se transforme pour passer de la structure hiver à la structure été : il y a accroissement de la zone profonde, apparition puis développement de la zone superficielle. Durant la seconde, c'est la transformation inverse qui s'effectue : il y a régression de la zone profonde, décroissance puis disparition de la zone superficielle.

2° *Caractères de peuplement.* — Ces changements de structure sont sous la dépendance directe de modifications de peuplement.

La membrane d'été est presque exclusivement composée de Chlorophycées (genres dominants : *Hydrodictyon, Chlorella, Scenedesmus, Pediastrum*).

La membrane d'hiver est caractérisée par la prédominance des Diatomées (genres principaux : *Nitzschia, Synedra*).

L'apparition de la zone superficielle au printemps est corrélative du développement de deux Diatomées en ruban : *Melosira varians* et *Fragilaria capucina.*

La période automnale est marquée essentiellement par la prolifération d'une autre Diatomée : *Amphora ovalis* et une poussée de Cyanophycées (*Oscillatoria, Chroococcus*).

La population animale n'est pas sujette à une évolution aussi régulièrement dessinée.

La membrane biologique parcourant ainsi un cycle évolutif assez régulier pour une même installation, avec une structure et un peuplement périodiques définis, il est commode de la caractériser à tout moment par ces éléments. J'utilise à cet effet le terme de *faciès*. Les faits précédents amènent à considérer deux faciès fondamentaux, le faciès hiver et le faciès été et deux faciès de transition, le faciès printemps et le faciès automne. Il faut noter, d'ailleurs, que la période, pendant laquelle les caractères de structure et de peuplement correspondant à un faciès donné se trouvent réalisés, ne coïncide pas obligatoirement avec la saison. Deux filtres voisins peuvent présenter deux faciès différents, à l'époque des changements de saison, s'ils ont été nettoyés à des époques différentes.

A $15^h 30^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 45^m$. L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 JANVIER 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉLECTRICITÉ. — *Impédancemètre à tube cathodique.* Note (¹) de M. **René Barthélémy**.

Il existe des appareils destinés à mesurer des impédances qui sont basés sur la méthode d'équilibrage d'un pont en courant alternatif. Les valeurs qui caractérisent l'impédance, c'est-à-dire le module Z et l'argument θ, ne sont obtenues qu'indirectement, après réglages d'un certain nombre de paramètres.

Une méthode simple, décrite ci-après, m'a permis, même dans les cas de fréquences relativement élevées, de réduire la manœuvre à celle d'un bouton principal, les valeurs des éléments Z et θ étant obtenues simultanément par lecture directe sur des cadrants gradués.

Le principe consiste, non pas à chercher l'équilibre dans la diagonale du pont, mais à comparer la phase de la tension existant entre les deux extrémités de cette diagonale (restée ouverte) à celle d'une tension de phase fixe, décalée de $\pi/2$ par rapport à la tension d'alimentation haute fréquence qui débite sur le pont.

Cette comparaison et, plus particulièrement, la coïncidence de phase, est visible sur un tube cathodique dont le faisceau est soumis, d'une part, à l'action déviatrice de la tension de référence et, d'autre part, à la tension de la diagonale du pont, agissant perpendiculairement. L'ellipse, ordinairement observée, se ramène à une droite quand il y a coïncidence de phase.

L'introduction du tube cathodique permet, par cette manœuvre, de déterminer la valeur du module Z de l'impédance, et de fixer le signe de l'argument θ; la valeur de l'angle θ est donnée par un appareil auxiliaire utilisant les grandeurs des vecteurs au moment de la coïncidence.

La description suivante précise les points principaux de ce système.

(¹) Séance du 20 janvier 1947.

Le pont de mesure reçoit la tension haute fréquence U entre les points A et B. Il est formé de trois résistances pures R_1, R_2, R_3 et de l'impédance à mesurer Z (*fig.* 1).

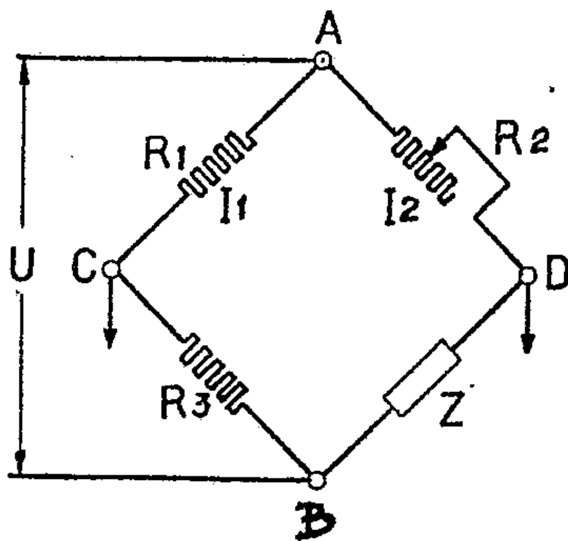


Fig. 1.

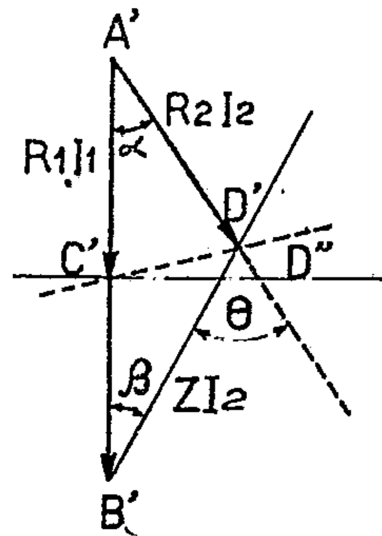


Fig. 2.

Par construction, $R_1 = R_3$, et la résistance R_2 est étalonnée et réglable. Un courant I_1 passe dans la dérivation ACB et un courant I_2 dans les branches ADB.

Le diagramme des tensions s'établit comme il est indiqué figure 2 : la tension existant dans la diagonale fictive CD, supposée d'impédance très élevée par rapport à celles des branches du pont, est représentée par C'D', la notation A'B'C'D' du diagramme se rapportant aux lettres du schéma ABCD. La phase de la tension d'alimentation U est prise comme origine et coïncide avec celle du courant I_1. L'angle θ est défini par le décalage des vecteurs R_2I_2 et ZI_2.

D'après le diagramme, on a

$$\theta = \alpha + \beta.$$

On règle R_2 de telle façon que la résultante C'D' devienne horizontale, en C'D'', on a, à ce moment, les relations suivantes :

$$Z = R_2 \qquad \text{et} \qquad \theta = 2\alpha,$$

qui donnent les valeurs cherchées.

On applique directement, ou par l'intermédiaire d'un amplificateur, la tension C'D' sur une des paires de plaques déviatrices d'un oscillographe cathodique, et l'on attaque l'autre paire de plaques par une tension, issue de la source U, décalée de $\pi/2$ par rapport à U, c'est-à-dire de la forme du/dt.

La manœuvre du bouton de réglage de la résistance R_2 modifie l'orientation du vecteur C'D', et l'ellipse décrite sur l'écran du tube cathodique change de forme, jusqu'à se confondre avec une droite, quand le réglage est correct. La valeur, lue à ce moment sur le cadran de la résistance R_2, indique la grandeur du module de l'impédance Z.

La position de la droite sur le tube cathodique donne en même temps le signe du décalage θ; pour un sens de connexions déterminé, la droite lumi-

neuse EE′ se trouve dans deux quadrants opposés, par exemple 1 et 3 (*fig.* 3) et indique une avance θ. Quand c'est un retard, la droite est placée dans la paire de quadrants 2-4, par exemple en $E_1 E'_1$.

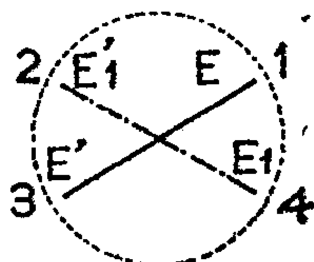


Fig. 3.

La mesure de l'angle θ s'effectue par la matérialisation du rapport $\tan\theta/2 = C'D'/A'C'$ au moment de la coïncidence de phases.

On pourrait déduire l'angle θ de la pente de la droite EE′; nous avons trouvé qu'il était plus commode d'utiliser un appareil auxiliaire.

A une constante près, la valeur A′C′ est celle de la source U. D'autre part, la grandeur du vecteur C′D′ est aussi proportionnelle à U; il est facile d'éliminer l'amplitude de cette tension en utilisant un appareil de mesure à deux cadres du type logomètre, chaque cadre recevant un courant redressé proportionnel, respectivement, aux tensions, convenablement amplifiées, C′D′ et U. L'aiguille du logomètre se déplace devant un cadran gradué, qui indique ainsi directement la valeur de l'angle θ, en degrés, indépendamment de la tension.

Nous avons utilisé depuis quelque temps un tel dispositif pour les mesures d'impédances complexes, avec des fréquences utilisées en radioélectricité; toutefois, sa précision devient aléatoire si la fréquence dépasse plusieurs mégacycles, car l'élément R_2 de comparaison ne peut être considéré comme résistance pure, et, d'autre part, le débit, dans la diagonale du pont, n'est plus négligeable. Si, dans certaines limites, la mesure du module est encore possible, celle de l'argument nécessite des corrections trop importantes pour justifier la dénomination de lecture directe, citée au début.

BOTANIQUE. — *Dimorphisme et symbiose chez le* Poa annua *L.*
Note de MM. **Joseph Magrou** et **Joseph Bouget**.

Le *Poa annua* (Paturin annuel) est une petite Graminée annuelle qui prolifère activement, pendant toute l'année, dans les plaines. On le trouve aussi dans les montagnes, où il remonte jusque dans la zone alpine. Divers auteurs, parmi lesquels Gaston Bonnier (1) et l'un de nous (2), ont indiqué que, dans les stations élevées, la plante perdait son caractère annuel et devenait pérennante vivace; elle se multiplie alors non par voie sexuée, mais par des rhizomes et des rejets.

(1) *Rev. gén. Bot.*, 32, 1920, p. 305.
(2) J. Bouget, *Rev. gén. Bot.*, 30, 1918, p. 305.

L'un de nous (³) a fait une étude détaillée de l'adaptation à la montagne de cette plante vulgaire de la plaine. Le type pérennant se rencontre, dans les pâturages du versant nord des Pyrénées (vallée de l'Adour, massif du Pic du Midi), au-dessus de 1200^m. Il reste localisé dans les lieux humides, tels que les parties concaves du flanc des montagnes où la neige séjourne longtemps. Il acquiert, en ces lieux, un développement abondant, une végétation puissante; il fournit en grande partie le tapis végétal compact qui recouvre le sol et il se distingue par sa belle couleur verte des plages environnantes. Il ne fleurit qu'exceptionnellement; de loin en loin seulement, une panicule témoigne qu'il s'agit bien du *Poa annua*, bien que l'appareil végétatif de la plante ainsi transformée diffère profondément de celui de l'espèce type.

On sait que la presque totalité des plantes herbacées vivaces, pourvues de tubercules, de bulbes ou de rhizomes, présentent, tout au moins lorsqu'elles vivent à l'état sauvage, des mycorhizes endotrophes. Les plantes annuelles, au contraire, en sont dépourvues ou, s'il arrive que des Champignons de mycorhizes tentent de les envahir, elles s'en affranchissent rapidement et totalement, comme l'a montré l'un de nous [4], par une phagocytose énergique.

Nous nous sommes proposé de rechercher si cette corrélation entre l'état vivace et l'adaptation à la symbiose mycorhizienne se retrouve dans le cas du *Poa annua*. A cet effet, des échantillons des deux types de cette espèce (type annuel et type vivace) ont été prélevés dans les stations et aux dates ci-après :

1° en plaine, à Bagnères-de-Bigorre, le 5 juin et le 30 juillet; aux environs de Paris, le 16 mai;

2° en montagne, le 10 et le 12 septembre, à Artigues, au fond de la vallée de l'Adour (1200^m) et sur les pentes du Pic du Midi, dans des stations échelonnées entre la Mongie (1800^m) et le col du Tourmalet (2200^m).

Les racines de chaque échantillon, rassemblées en faisceau, ont été fixées et débitées en coupes en série, après inclusion à la paraffine. L'examen des coupes a conduit aux constatations suivantes :

Parmi les 10 échantillons annuels récoltés en plaine, un seul (prélevé le 5 juin) a montré une infestation notable par un endophyte à arbuscules et à vésicules, mais le plus grand nombre des plages infestées ne renfermaient que des champignons morts, détruits en totalité par phagocytose. Ailleurs, on voyait des formes vivantes du champignon (troncs mycéliens et arbuscules), mais ces formes, correspondant à des stades juvéniles de l'endophyte, étaient souvent frappées de dégénérescence précoce : les troncs mycéliens principaux se rétractaient et leur contenu protoplasmique se disloquait en tronçons surcolorables, avant même que la digestion des arbuscules n'ait commencé. Les gros troncs mycéliens étant les organes de propagation de l'endophyte, il est vrai-

(³) J. Bouget, *Rev. gén. Bot.*, 40, 1928, p. 321.

(⁴) J. Magrou, *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 616.

semblable que leur destruction précoce n'eût pas permis, chez cette plante, l'établissement d'une symbiose durable.

Chez deux autres pieds récoltés en plaine, les mycorhizes faisaient complètement défaut. Les sept pieds restants ne montraient qu'une infestation insignifiante par des Champignons le plus souvent digérés en totalité.

En somme, les *Poa annua* de la plaine détruisent précocément, après une invasion généralement peu étendue, les champignons qui tentent de pénétrer dans leurs racines. Ils se comportent donc comme les plantes annuelles déjà étudiées de ce point de vue.

Le tableau est tout différent chez la majorité des *Poa annua* vivaces prélevés en montagne. Ici, les endophytes, qui occupent les zones moyenne et profonde de l'écorce, sont en pleine vitalité; ils développent des arbuscules admirablement différenciés, et leurs troncs mycéliens principaux, restés intacts lors même que les arbuscules commencent à dégénérer, continuent à propager l'infestation de cellule en cellule. Une symbiose équilibrée s'établit donc en pareil cas.

On est réduit à des hypothèses pour expliquer cette différence de comportement en montagne et en plaine. On peut supposer, soit que les conditions particulières de la vie en montagne modifient l'organisme de la Graminée de manière à la rendre plus sensible à l'infection mycorhizienne, soit que le Champignon est modifié dans le sens d'un accroissement de sa virulence (le terme *virulence* étant pris ici dans le sens de *végétabilité in vivo*, que lui attribuait Maurice Nicolle), soit que ces deux causes agissent simultanément.

D'ailleurs, si la symbiose est la règle chez les *Poa annua* vivaces qui croissent en montagne, cette règle souffre des exceptions. Sur quinze échantillons récoltés dans les stations élevées, cinq étaient complètement dépourvus de mycorhizes (signalons incidemment que trois de ces cinq plantes hébergeaient d'autres champignons : une Plasmodiophoracée, avec plasmodes et sporanges intracellulaires, une Péronosporale, avec suçoirs de type *Peronospora*). L'absence de mycorhizes chez ces plantes montre que certains individus, bien que végétant dans un sol où abondent les Champignons endophytes, peuvent échapper à la symbiose. Il serait intéressant de connaître le passé et l'avenir de ces plantes asymbiotiques. Privées de Champignons, peut-être sont-elles destinées à revenir à la longue à l'état annuel. En fait, l'une d'elles, prélevée au col du Tourmalet, différait profondément, par son port, des *Poa annua* vivaces et infestés qui croissaient à son voisinage immédiat : ses rameaux secondaires, traçants à la base, ne tardaient pas à se redresser en grandes tiges feuillées aériennes, parfois fleuries, qui dominaient de leur haute taille le gazon ras environnant. Cette plante présentait des caractères intermédiaires entre le type vivace de la montagne et le type annuel de la plaine.

En résumé, les *Poa annua* annuels de la plaine s'affranchissent de la symbiose en arrêtant net toute tentative d'invasion des endophytes. Au contraire,

chez les *Poa annua* vivaces de la montagne, une symbiose mycorhizienne bien équilibrée est la règle; toutefois, certains individus sont dépourvus de mycorhizes, et, parmi eux, on peut observer éventuellement une régression vers le type annuel.

A la suite de ses recherches expérimentales sur la tubérisation, Noël Bernard était porté à admettre « que des plantes annuelles atteintes, d'abord accidentellement, par des Champignons, ont cessé de fleurir dans leur première année et que, par compensation, des bourgeons latéraux de leurs tiges ont donné naissance à des organes pérennants, bulbes ou branches de rhizomes.... L'état vivace ainsi acquis a persisté longtemps, sous des modalités diverses, comme d'ailleurs en général la symbiose elle-même. Cependant quelques plantes ont pu s'affranchir des Champignons, et c'est parmi elles qu'il faut chercher l'origine des plantes annuelles indemnes » ([5]).

L'histoire du *Poa annua* et des transformations de son appareil végétatif donnerait en quelque sorte une image en raccourci de ce type d'évolution.

PHYTOGÉOGRAPHIE. — *Observations sur diverses espèces adventices de la flore corse.* Note ([1]) de M. **René de Litardière**.

Au cours d'un voyage que nous avons effectué en Corse durant l'été de 1946, il nous a été donné d'observer plusieurs espèces adventices intéressantes. Deux d'entre elles n'avaient pas encore été signalées dans l'île : *Setaria geniculata* (Lamk.) P. B. et *Aster squamatus* (Spreng.) Hieron. Leur introduction est probablement récente. Nous pensons que ces plantes, surtout la seconde, sont susceptibles d'acquérir une place importante dans le tapis végétal.

Le *Setaria geniculata* (Lamk.) P. B. (= *S. gracilis* auct. plur., an H. B. K. ?) est une espèce américaine affine aux *S. glauca* (L.) P. B. et *pallidifusca* (Schum.) Stapf et Hubb., de l'Ancien Monde. Il en diffère par sa durée, étant vivace, rhizomateux (et non annuel), et par le nombre de ses chromosomes (il est octoploïde, à $2n = 72$ ([2]), tandis que le *S. glauca* est diploïde, à $2n = 18$, et le *S. pallidifusca* tétraploïde, à $2n = 36$). Nous avons découvert cette plante à Ajaccio, près de la place du Casone, dans les lieux herbeux sous les oliviers, et au Scudo (6 km d'Ajaccio), au bord de la route de la Parata. Il paraît difficile de connaître l'origine de l'introduction de cette espèce. La plante est encore rare, mais ne tardera sans doute pas à s'étendre, comme cela s'est produit à Marseille (parc zoologique de Longchamp) et aux environs de Sestri

---

([5]) Noël Bernard, *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 9e série, 9, 1909, p 1.

([1]) Séance du 20 janvier 1947.

([2]) Nous avons effectivement compté ce nombre dans le matériel que nous avons recueilli.

Ponente, en Ligurie (³). Au Casone, elle croît en compagnie des *Oryzopsis miliacea* (L.) Asch. et Schweinf. (dominant), *Brachypodium Plukenetii* (All.) P. B., *Silene gallica* L., *Cupularia viscosa* (L.) Godr. et Gren., *Carlina corymbosa* L.; au Scudo, dans un groupement rudéral (*Hordeetum leporini*), associée à *Cynodon Dactylon* (L.) Pers., *Hordeum murinum* L. subsp. *leporinum* (Link) Arc., *Lepidium graminifolium* L., *Foeniculum vulgare* Mill., *Convolvulus arvensis* L., *Cichorium Intybus* L.

Nous avons observé (2 août 1946) l'*Aster squamatus* (Spreng.) Hieron, dans la plaine de Campo di Loro, près Ajaccio, au voisinage d'un fossé d'eau douce, en face du champ de courses; il était représenté par une vingtaine d'individus croissant au milieu d'un peuplement dense de *Paspalum distichum* L. subsp. *paspalodes* (Michx.) Thell. (⁴).

L'*E. squamatus* possède une vaste aire de dispersion en Amérique (du Texas à la Patagonie); doué d'un pouvoir d'expansion très grand et d'une plasticité écologique remarquable, il croît depuis le littoral jusque dans les montagnes. La plante a été observée pour la première fois en 1905 dans le bassin méditerranéen occidental, sur le bord du lac de Tunis. Ultérieurement sa présence a été constatée successivement en Catalogne, au Prat del Llobregat, près Barcelone (1912), sur le littoral de l'Hérault, près de Vias (1914), en Petite Camargue (1924), en Camargue vraie (1929), en Crau humide, au Nord de Fos-sur-Mer (1932) et également en Algérie, embouchure de l'Oued Réghaïa, à l'Est d'Alger (1931). Dans toutes ces régions, de même qu'en Tunisie, on a assisté à la progression exceptionnellement rapide de cette espèce qui tend à occuper toutes les stations humides, surtout modifiées par l'homme, où, presque toujours, elle lutte victorieusement contre la végétation spontanée. M. Tallon, qui a suivi son extension dans la région du Bas-Rhône, a noté qu'en 1935 elle avait atteint les environs d'Aramon et de Théziers, au Nord de Tarascon; la plante, nous écrivait-il dernièrement, « doit être remontée bien plus au Nord le long du Rhône, et il est pratiquement certain qu'elle est en Vaucluse ».

Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées quant au mode de son introduction en Corse : apport dû soit aux troupes nord-américaines ou nord-africaines qui ont stationné à Ajaccio durant la dernière guerre, soit à des oiseaux migrateurs (⁵), soit encore à l'aviation. Relativement à cette dernière

(³) Cf. Béguinot, in *Nuov. giorn. bot. it.*, Nuov. ser., 44, 1937, p. 678 et in *Archivio bot.*, 13, 1937, p. 293-294. — En dehors de l'Europe, le *S. geniculata* a été introduit en Asie Orientale, en Australie et dans l'Afrique du Sud (d'après Hubbard).

(⁴) Cette Graminée, non mentionnée dans le *Prodrome de la flore corse* de J. Briquet, a été découverte par nous en juillet 1928 au Campo di Loro, où elle était abondante (cf. R. de Litardière, in *Arch. de Bot.*, 3, mém. 3, 1929, p. 3); par la suite, nous l'avons retrouvée au Nord-Est de Propriano, sur les rives du Baracci, près de son embouchure, puis en plusieurs points de la partie Nord-Est de l'île (environs de Bastia, jusque vers 200ᵐ d'altitude, de Biguglia et de Vescovato). Le *P. distichum* subsp. *paspalodes* est un type migraborigène qui tend à devenir un néo-autochtone, suivant le terme très heureux créé par A. Chevalier.

(⁵) D'après René Maire (in *Bull. Soc. hist. nat. Afr. N.*, 23, 1931, p. 295), c'est à ce

hypothèse, il convient de noter que la localité où nous avons observé la plante n'est pas très éloignée de l'aérodrome où atterrissent les avions de la ligne de Tunis et ceux de la ligne de Marignane.

Une autre espèce américaine naturalisée à Ajaccio, probablement d'origine horticole, est le *Salpichroa origanifolia* (Lamk.) Baillon. Depuis l'époque de sa découverte, en 1924 (sur un talus au bord de la mer, près de l'usine à gaz), elle a pris une grande extension dans tout le quartier Ouest de la ville, jusqu'aux environs du cimetière, sur la route de la Parata, occupant les terrains vagues et devenant une « mauvaise herbe » dans les jardins. Elle montre tous les caractères d'une espèce aliénigène. En juillet 1946, M. Malcuit a découvert cette espèce à Corte. Avec lui, nous l'avons observée dans cette nouvelle localité : bord d'un chemin aboutissant à la route de Bastia, non loin de la Sous-Préfecture; elle y est très abondante et offre une grande vitalité, ses tiges plus ou moins sarmenteuses arrivent à tapisser les murailles qui bordent le chemin.

M. **Jules Rouch** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier, intitulé *Traité d'Océanographie physique*. II. *L'eau de mer*.

COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **Émile Borel**, **Joseph Pérès**, pour la Division des sciences mathématiques; **Gabriel Bertrand**, **Louis Lapicque**, pour la Division des sciences physiques; **Maurice de Broglie**, **Armand de Gramont**, pour la Section des Académiciens libres, sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place d'Académicien libre vacante par le décès de M. *Louis Martin*.

CORRESPONDANCE.

L'**Université de Princeton** invite l'Académie à se faire représenter aux Cérémonies qui auront lieu dans cette ville, les 16 et 17 juin 1947, pour commémorer le deux-centième anniversaire de sa fondation.

M. **Thomas Henry Havelock**, élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. **Francis Perrin** adresse à l'Académie ses remercîments et ceux de sa sœur M[me] **Charles Lapicque**, pour la distinction accordée à la mémoire de leur père, **Jean Perrin**.

---

mode de propagation qu'est due probablement l'introduction de l'*A. squamatus* sur le littoral algérois. Durant ces dernières années, la plante a gagné Maison-Carrée et les environs d'Alger (Maire, *in litt.*).

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Godofredo Garcia. *Generalización de la igualdad de Lagrange y de la desigualdad de Sundman para el caso de más de tres cuerpos.*

ALGÈBRE. — *Les principaux théorèmes de la théorie de Galois pour les corps non nécessairement commutatifs.* Note [1] de M. **Henri Cartan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Grâce aux notions introduites dans une Note antérieure [2], nous sommes en mesure d'énoncer les principaux théorèmes de la *théorie de Galois* pour un *corps* quelconque K, non nécessairement commutatif.

Théorème 1. — *Soit* $\mathcal{G}$ *un groupe d'*automorphismes *d'un corps* K, *et soit* L *le sous-corps des invariants de* $\mathcal{G}$. *Pour que* K *soit de rang* fini (*à gauche*) *sur* L, *il faut et il suffit que :* 1° *le groupe quotient* $\mathcal{G}/\mathcal{G}\cap\Gamma$ *soit* fini; 2° $K(\mathcal{G})$ *soit de* rang fini *sur le* centre C *de* K [2]. *Dans ces conditions :*

α. *on a la relation*

$$r = nd$$

entre le rang r *de* K *sur* L, *l'ordre* n *du groupe* $\mathcal{G}/\mathcal{G}\cap\Gamma$, *et le rang* d *de* $K(\mathcal{G})$ *sur* C;

β. *le groupe de Galois* G_L^K *n'est autre que le groupe* $\widehat{\mathcal{G}}$, *plus petit groupe* achevé *contenant* $\mathcal{G}$.

Corollaire. — Si L est sous-corps *galoisien* d'un corps K, et si le rang (à gauche) de K sur L est fini, le rang (à droite) de K sur L est fini et égal au rang à gauche.

Théorème 2. — *Soit* L *un sous-corps galoisien d'un corps* K, *tel que* K *soit de* rang fini *sur* L (cf. *théor.* 1). *Tout sous-corps* H *contenant* L *est sous-corps* galoisien *de* K, *et tout sous-groupe* achevé $\mathcal{H}$ *de* G_L^K *est groupe de Galois de* K *relativement à un sous-groupe contenant* L. *D'une façon précise, il existe une* correspondance biunivoque *entre les sous-corps* H *tels que* $L\subset H\subset K$, *et les sous-groupes achevés* $\mathcal{H}$ *de* G_L^K, *telle que chaque* H *soit le corps des invariants du groupe* $\mathcal{H}$ *associé à* H, *et que chaque* $\mathcal{H}$ *soit le groupe de Galois de* K *relativement au sous-corps associé à* $\mathcal{H}$.

Remarques. — 1° Le sous-groupe associé à une intersection $H_1\cap H_2$ est le plus petit groupe achevé contenant les groupes $\mathcal{H}_1$ et $\mathcal{H}_2$ associés à H_1 et H_2 respectivement; le sous-groupe associé au sous-corps $[H_1, H_2]$ engendré par H_1 et H_2 est l'intersection des sous-groupes $\mathcal{H}_1$ et $\mathcal{H}_2$.

---

(1) Séance du 20 janvier 1947.

(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 87. Nous conservons les notations et la terminologie de cette Note.

2° Pour tout sous-corps H contenant L, le rang de H sur L est le même à droite et à gauche.

THÉORÈME 3. — *Soit* K *une* extension galoisienne *d'un corps* L, *de* rang fini *sur* L, *et soit* H *un sous-corps de* K *contenant* L (cf. théorème 2).

α. *si un isomorphisme de* H *sur un sous-corps de* K *laisse fixes les éléments de* L, *il peut se prolonger en un* automorphisme *de* K ;

β. $G_L^K(H)$ *désignant le sous-groupe de* G_L^K *formé des automorphismes qui laissent* H invariant (*dans son ensemble*), *le groupe* G_L^H *est isomorphe au quotient de* $G_L^K(H)$ *par son sous-groupe* distingué G_H^K;

γ. *pour que* H *soit extension* galoisienne *de* L, *il faut et il suffit que* G_L^K *soit le plus petit groupe achevé contenant* $G_L^K(H)$;

δ. *la condition* $G_L^K = G_L^K(H)$ *est* suffisante *pour que* H *soit extension galoisienne de* L (*d'après* γ); *elle exprime que* G_H^K *est sous-groupe* distingué *de* G_L^K.

COROLLAIRE DU THÉORÈME 3. — α. Si K est extension galoisienne de L, de rang fini sur L, une condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe un automorphisme de G_L^K qui transforme un élément $x \in K$ en un élément $y \in K$ est que x et y satisfassent aux mêmes *relations algébriques* à coefficients dans L.

2. Supposons désormais K de *rang fini sur son centre* C. Si l'on prend pour $\mathcal{G}$ le groupe Γ des automorphismes *intérieurs* de K, le groupe L du théorème 1 est C; les théorèmes précédents redonnent alors les théorèmes de Skolem-Noether [voir la Note citée en (2)], par une voie différente de celle connue jusqu'ici : d'après le théorème 1, β, le groupe G_C^K n'est autre que Γ; le théorème 2 donne une correspondance biunivoque entre les sous-corps H contenant C, et les sous-corps H′ contenant C, chacun des sous-corps H et H′ se composant des éléments de K qui permutent avec les éléments de l'autre; le théorème 1, α donne une relation entre les rangs de K, H, H′ sur C; enfin le théorème 3, α donne un résultat intéressant (connu). On peut en outre prouver :

THÉORÈME 4. — *Soit* K *un corps de* rang fini sur son centre C. *Si un sous-corps* H *contenant* C *est* invariant (*dans son ensemble*) *par tous les automorphismes intérieurs de* K, *il est* identique à K ou à C.

J'ignore si ce théorème est déjà connu. Il exprime que si un polynome à coefficients dans C possède une racine dans K (et non dans C), tout sous-corps qui contient C et toutes les racines de ce polynome est identique à K tout entier.

3. Les démonstrations des théorèmes précédents paraîtront ailleurs. Elles reposent en partie sur un théorème relatif aux anneaux d'*endomorphismes* (4) d'un corps K. Ce théorème, qui constitue essentiellement le sujet d'un mémoire

(3) Dans ces conditions, le sous-corps $\widehat{K(\mathcal{G})}$ n'est autre que le sous-espace vectoriel (sur C) engendré par $K(\mathcal{G})$. Voir Note citée en (2), n° 3.

(4) Il s'agit d'endomorphismes pour la structure du *groupe additif* de K.

de Jacobson ([5]) pour le cas d'un corps *commutatif*, a été récemment généralisé par Bourbaki ([6]) au cas d'un corps non commutatif. Grâce à ce théorème, et en se servant en outre de la notion, due à Bourbaki ([6]), d'éléments *primordiaux* d'un sous-espace vectoriel d'un espace vectoriel donné, on obtient assez aisément les théorèmes ci-dessus.

ALGÈBRE. — *Sur le troisième nombre de Betti des espaces de groupes de Lie compacts.* Note ([1]) de M. **Jean-Louis Koszul**, présentée par M. Élie Cartan.

Théorème. — *Le troisième nombre de Betti d'un groupe de Lie simple compact est égal à* 1 ([2]).

1. On désigne par $\mathcal{L}$ l'algèbre de Grassmann des formes différentielles invariantes à gauche d'un groupe de Lie compact G, et par $\mathcal{L}^p$ le sous-espace des formes de $\mathcal{L}$ de dim. p. Par le choix, dans G, d'une métrique riemannienne biinvariante (c'est-à-dire invariante à droite et à gauche), on définit un produit scalaire dans $\mathcal{L}$; l'anneau des formes harmoniques $\mathcal{H}$, qui est isomorphe à l'anneau de cohomologie à coefficients réels, s'obtient comme espace des zéros de l'opérateur $\Delta = (D + D^*)^2$ ([3]), défini dans $\mathcal{L}$ par l'opérateur de différentiation D et son adjoint D^* ([4]).

Une forme de $\mathcal{H}$ est dite *primitive* si elle est perpendiculaire à $\mathcal{L}^0$ et à toutes les formes $\omega \wedge \varpi$ avec $\omega, \varpi \in \mathcal{H}$ et dim. ω, dim. $\varpi \neq 0$ ([5]). $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n$ étant une base orthonormale de $\mathcal{L}^1$, la forme $\eta = \frac{1}{3}\sum_i \omega_i \wedge (D.\omega_i)$ de $\mathcal{L}^3$ est harmonique, primitive et ne dépend que de la métrique. D'autre part, toute forme $\omega \in \mathcal{L}$ peut être considérée comme un opérateur linéaire dans $\mathcal{L}$, transformant la forme ϖ en $\omega \wedge \varpi$, et, à ce titre, possède un adjoint ω^*. Des propriétés des constantes de structure d'un groupe de Lie compact, on déduit que, $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n$ étant une base orthonormale de $\mathcal{L}^1$, $D = \sum_i \omega_i^* \eta \omega_i^*$.

2. Inversement, soit $\mathfrak{A} = \mathfrak{A}^0 \oplus \mathfrak{A}^1 \oplus \ldots \oplus \mathfrak{A}^n$ une algèbre de Grassman sur le

---

([5]) *Amer. Journal*, 66, 1944, p. 1.

([6]) *Algèbre*, Chap. II, § 5 (à paraître prochainement aux *Actualités scient. et ind.*).

([1]) Séance du 20 janvier 1947.

([2]) Ce résultat est connu pour les groupes des classes A, B, C, D et le groupe exceptionnel G : Cf. E. Cartan, *Ann. Soc. Pol. Math.*, 8, 1929, pp. 181-225.

([3]) Notations : $T.\omega$ = transformée de ω par l'opérateur T; TU = composé des opérateurs U et T; $TU.\omega = T.(U.\omega) = (TU).\omega$.

([4]) Cf. G. de Rahm, *Abh. Math. Sem. Hans. Univ.*, 12, 1938, pp. 330.

([5]) Ces formes sont des « cycles hypermaximaux » au sens de J. Leray (*Journ. Math. pures et appl.*, 24, 1946, p. 132), et correspondent aux « éléments minimaux » du groupe d'homologie au sens de H. Hopf (*Ann. of Math.*, 42, 1941, p. 48).

corps des nombres réels, où un produit scalaire a été défini à partir d'un produit scalaire dans l'espace vectoriel à n dimensions $\mathcal{A}^1$. Tout élément $x \in \mathcal{A}$, considéré comme opérateur transformant y en $x \wedge y$, possède un adjoint x^*. Ω étant un opérateur linéaire dans $\mathcal{A}$ et $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$ une base orthonormale de $\mathcal{A}^1$, on désigne par $\Omega^{\bigcirc}$ l'opérateur $\sum_i \alpha_i^* \Omega \alpha_i^*$. Par ce procédé, tout élément $a \in \mathcal{A}^3$ définit un opérateur linéaire $a^{\bigcirc}$ qui jouit des propriétés

$$(1) \qquad a^{\bigcirc}.\mathcal{A}^p \subset \mathcal{A}^{p+1},$$

$$(2) \qquad a^{\bigcirc}.(x \wedge y) = (a^{\bigcirc}.x) \wedge y + (-1)^p x \wedge (a^{\bigcirc}.y) \qquad \text{pour } x \in \mathcal{A}^p,$$

$$(3) \qquad \alpha^* a^{\bigcirc}.\alpha = 0 \qquad \text{pour } \alpha \in \mathcal{A}^1.$$

Si, de plus, il vérifie

$$(4) \qquad (a^{\bigcirc})^2 = 0, \qquad \text{ce qui équivaut à } a^{\bigcirc}.a = 0,$$

on démontre que $\mathcal{A}$ peut être identifiée à l'algèbre des formes diff. inv. à gauche d'un groupe de Lie compact à n paramètres G, $a^{\bigcirc}$ étant l'opérateur de différentiation extérieure et le produit scalaire étant associé à une métrique biinvariante. La structure du noyau de G est entièrement déterminée par a, et toute structure de noyau de groupe de Lie admettant une réalisation compacte peut être obtenue ainsi.

Soit $\mathfrak{G}$ l'ensemble des $a \in \mathcal{A}^3$ pour lesquels $a^{\bigcirc}$ vérifie (4). A tout $a \in \mathfrak{G}$ on associe la sous-algèbre $\mathcal{H}(a)$ des zéros de l'opérateur $\Delta(a) = [a^{\bigcirc} + (a^{\bigcirc})^*]^2$. $\mathcal{H}(a)$ est l'espace des zéros communs à $a^{\bigcirc}$ et $a^{\bigcirc\bigcirc} = (a^{\bigcirc})^{\bigcirc}$, car $(a^{\bigcirc})^{\bigcirc} = -2(a^{\bigcirc})^*$. Le sous-espace $\mathcal{P}(a)$ des éléments primitifs de $\mathcal{H}(a)$ se définit comme plus haut. On pose $\mathcal{P}^r(a) = \mathcal{P}(a) \cap \mathcal{A}^r$.

A tout élément $x \in \mathcal{A}$ perpendiculaire à $\mathcal{A}^0$ correspond un plus petit sous-espace $\mathcal{F}(x)$ de $\mathcal{A}^1$ engendrant une sous-algèbre contenant x; x et y sont dits *fondamentalement orthogonaux* si $\mathcal{F}(x)$ et $\mathcal{F}(y)$ sont perpendiculaires. Pour que la structure définie par $a \in \mathfrak{G}$ soit celle d'un noyau de groupe semi-simple, il faut et il suffit que $\mathcal{F}(a) = \mathcal{A}^1$. Un $a \in \mathcal{A}$ tel que $\mathcal{F}(a) = \mathcal{A}^1$ est dit *simple* s'il n'est pas somme de deux éléments fondamentalement orthogonaux et non nuls. On démontre le

LEMME I. — *Pour que la structure définie par $a \in \mathfrak{G}$ soit celle d'un noyau de groupe simple, il faut et il suffit que a soit simple.*

3. On définit dans $\mathfrak{G}$ une relation d'ordre en posant $a \prec b$ lorsque $\mathcal{H}(a) \supset \mathcal{H}(b)$. On démontre que ceci est équivalent à $a \in \mathcal{P}^3(b)$, et que, si $x \in \mathfrak{G}$, $\mathcal{P}^3(x) \subset \mathfrak{G}$. Si $a \prec b$, $a \in \mathcal{P}(b) \subset \mathcal{H}(b)$, donc $b \in \mathcal{H}(a)$, car $a^{\bigcirc}.b = b^{\bigcirc}.a$ et $a^{\bigcirc\bigcirc}.b = -b^{\bigcirc\bigcirc}.a$. Si de plus $b \not\prec a$, c'est que $b \neq b_1$, projection de b sur $\mathcal{P}(a)$. On démontre alors, en s'appuyant sur le fait que $\mathcal{P}^2(a) = 0$, que b_1 et $b_2 = b - b_1$ sont fondamentalement orthogonaux, et non nuls si $a \neq 0$, ce qui conduit au

LEMME II. — *Pour que b soit simple, il est nécessaire que $a \prec b$ entraîne $b \prec a$ ou $a = 0$.*

Si $b \in \mathfrak{G}$, $b \neq 0$ et $a \prec b$, on peut définir un opérateur linéaire Ω dans le sous-espace $\mathcal{N} \subset \mathcal{A}^1$ perpendiculaire aux zéros de b°, par la condition $b^{\circ}\Omega = a^{\circ}$; on montre que Ω est self-adjoint, ce qui prouve l'existence d'un λ réel tel que $a^{\circ} - \lambda b^{\circ} = (a - \lambda b)^{\circ}$ admette un zéro propre dans $\mathcal{N}$. Or dans $\mathcal{A}^1$, les zéros de $\Delta(x)$ sont ceux de x°; compte tenu du lemme II, on en déduit le

LEMME III. — *Si b est simple et $a \prec b$, on a $a = \lambda b$.*

Soit alors un groupe de Lie simple compact dont la structure est définie par l'élément simple $h \in \mathfrak{G}$; $\mathcal{Z}^3(h)$ n'a, d'après le lemme III, qu'une dimension. Or $\mathcal{H}^3(h) = \mathcal{Z}^3(h)$, donc le troisième nombre de Betti, qui est le nombre de dimensions de $\mathcal{H}^3(h)$, est égal à 1.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les p-groupes de Sylow du groupe symétrique de degré p^m. (Sous-groupes caractéristiques, sous-groupes parallélotopiques.)* Note de M. **Léo Kaloujnine**, présentée par M. Élie Cartan.

J'emploie dans cette Note les notations et les définitions ainsi que les résultats de mes Notes précédentes [1]. Je supposerai en outre $p \neq 2$, les résultats que j'exposerai n'étant pas tous exacts pour $p = 2$.

Soit $T = \langle t_1, t_2, \ldots, t_m \rangle$ une suite de m éléments non nuls de G_p. L'opération qui associe à chaque élément $A = [a(x_1, x_2, \ldots, x_{s-1})]$ de $\mathcal{P}_m$ l'élément $TA = [t_s a(t_1 x_1, t_2 x_2, \ldots, t_{s-1} x_{s-1})]$ est un automorphisme du groupe $\mathcal{P}_m$. On vérifie aisément que l'application consécutive de deux opérations $T = \langle t_1 t_2, \ldots, t_m \rangle$ et $T' = \langle t'_1, t'_2, \ldots, t'_m \rangle$ donne l'automorphisme correspondant à la suite $\langle t_1 t'_1, t_2 t'_2, \ldots t_m t'_m \rangle$. L'ensemble de ces automorphismes est donc un groupe abélien d'ordre $(p-1)^m$, isomorphe au produit direct de m groupes cycliques de l'ordre $(p-1)$, qui sera noté T_m.

Un sous-groupe invariant de $\mathcal{P}_m$ et stable envers T_m sera dit semi-caractéristique. Il est évident qu'un sous-groupe caractéristique est semi-caractéristique. On montrera la réciproque.

Chaque sous-groupe semi-caractéristique $\mathcal{H}$ de $\mathcal{P}_m$ possède la propriété fondamentale suivante : Si $C = [c(x_1, x_2, \ldots, x_{s-1})]$ est un élément de $\mathcal{H}$, $\mathcal{H}$ contient tous les éléments $A = [a(x_1, x_2, \ldots, x_{s-1})]$ de $\mathcal{P}_m$ tels que dans chaque coordonnée $h[a(x_1, x_2, \ldots, x_{s-1})] \leqq h[c(x_1, x_2, \ldots, x_{s-1})]$. Des sous-groupes de $\mathcal{P}_m$ possédant cette propriété seront appelés sous-groupes parallélotopiques.

La démonstration du fait que $\mathcal{H}$ est un sous-groupe parallélotopique peut être faite par induction sur m. On voit que, si la propriété est vraie pour $m-1$, il suffit de la vérifier pour la dernière coordonnée de $\mathcal{P}_m$. Si $\mathcal{H}$ contient

[1] *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 222; **222**, 1946, p. 1424; **223**, 1946, p. 703.

$C = [c, c(x_1), \ldots, c(x_1, x_2, \ldots, x_{m-1})]$, il contient aussi l'élément $< 1, 1, \ldots, 1, t > C \equiv [c, c(x_1), \ldots, tc(x_1, x_2, \ldots, x_{m-1})]$ avec $t \neq 1$, (on utilise le fait que $p \neq 2$), donc également l'élément $< 1, 1, \ldots, 1, t > C.C^{-1} = [0, 0, \ldots, 0, (t-1)\ c(x_1, x_2, \ldots, x_{m-1})]$. D'autre part $\mathcal{H}$, étant sous-groupe invariant, contient [lemme II (1)] tous les éléments de $\mathfrak{T}_m$ de la forme $[0, 0, \ldots, 0, a(x_1, x_2, \ldots, x_{m-1})]$ avec $h[a(x_1, x_2, \ldots, x_{m-1})] < h[c(x_1, x_2, x_{m-1})]$, ce qui démontre la propriété énoncée.

Les sous-groupes semi-caractéristiques, donc, à fortiori, les sous-groupes caractéristiques, se trouvent parmi les sous-groupes parallélotopiques invariants Un sous-groupe parallélotopique R est complètement caractérisé par une suite de m nombres $|R| = \{k_1, k_2, \ldots, k_m\}$, k_μ indiquant la hauteur maximale des $\mu^{\text{ièmes}}$ coordonnées des éléments de R. On a $0 \leqq k_\mu \leqq p^{\mu-1}$. $|R|$ sera dite l'indicatrice de R. La condition nécessaire et suffisante pour que R soit un sous-groupe invariant de P_m est la suivante : si $(s+1)$ est le premier indice tel que $k_{s+1} \neq 0$, alors $k_\mu \geqq p^{\mu-1} - p^s$ pour $\mu \geqq s+1$. [Lemme III (1)].

On peut démontrer que les sous-groupes parallélotopiques invariants sont des sous-groupes caractéristiques. J'indiquerai les grandes lignes de la démonstration de ce fait.

1. Les sous-groupes parallélotopiques $\mathcal{O}_\nu$, $\nu = 0, \ldots, m$, de l'indicatrice $|\mathcal{O}_\nu|$ telle que $k_\mu = 0$ pour $\mu < m - \nu$, et pour $\mu \geqq m - \nu$ $k_\mu = p^{\mu-1}$ [c'est-à-dire l'ensemble des éléments dont les $(\mu - \nu)$ premières coordonnées sont toutes nulles] sont des sous-groupes caractéristiques. $\mathcal{O}_{\nu-1}$ étant déjà reconnu comme sous-groupe caractéristique, on montre que $\mathcal{O}_\nu$ est le centralisateur modulo $\mathcal{O}_{\nu-1}$ d'un certain sous-groupe qui est membre de la série centrale ascendante de $\mathfrak{T}_m$. Ce fait n'est vrai que pour $p \neq 2$.

2. Les sous-groupes parallélotopiques $\mathcal{R}_{k,s}$ de l'indicatrice

$$|\mathcal{R}_{k,s}| = \{0, 0, \ldots, 0, k_{s+1}, p^{s+1}, p^{s+2}, \ldots, p^{m-1}\}, \qquad k_{s+1} = k, \qquad 0 \leqq k \leqq p^s$$

sont des sous-groupes caractéristiques. On montre, en effet, que $\mathcal{R}_{k,s}$ est engendré par $\mathcal{O}_{m-s-1}$ et $(Z \cap \mathcal{O}_{m-s})$, où Z est un certain membre de la série centrale ascendante de $\mathfrak{T}_m$.

3. De 1 et 2 il résulte que pour un élément A de $\mathfrak{T}_m$ le nombre des premières coordonnées qui sont identiquement nulles (ce que j'appellerai *la profondeur* d'un élément) et la hauteur de la première coordonnée non nulle sont invariants envers les automorphismes du groupe $\mathfrak{T}_m$.

4. En se basant sur 3 on peut démontrer que les sous-groupes parallélotopiques $\mathcal{E}_{k,s}$ tels que $|\mathcal{E}_{k,s}| = \{0, 0 \ldots, k_{s+1}, p^{s+1} - p^s, \ldots, p^{k-1} - p^s\}$ $0 \leqq k_{s+1} \leqq p^s$, sont des sous-groupes caractéristiques.

5. Chaque sous-groupe parallélotopique invariant pouvant être engendré par des groupes $\mathcal{E}_{k,s}$ choisis d'une manière appropriée, il résulte que ces sous-groupes sont des sous-groupes caractéristiques.

Corollaire. — *Pour un élément* A *de* $\mathfrak{T}_m$ *de profondeur s, j'appelle* indicatrice

réduite *une suite de m nombres* $\{u_1, u_2, \ldots, u_m\}$ *définie de la manière suivante.* $u_\sigma = 0$ *pour* $\sigma \leqq s$; *pour* $\sigma > s$ *on a* $u_\sigma = h(a(x_1, x_2, \ldots, x_{\sigma-1}))$ *si* $h(a(x_1, x_2, \ldots, x_{\sigma-1})) > p^{\sigma-1} - p^s$; *sinon* $u_\sigma = 0$.

Les faits énoncés dans la Note précédente permettent d'affirmer : l'indicatrice réduite d'un élément de $\mathfrak{T}_m$ est invariante envers les automorphismes du groupe $\mathfrak{T}_m$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Définition des opérateurs linéaires de l'espace d'Hilbert par leurs domaines d'existence et des valeurs.* Note [1] de M. **Jacques Dixmier**, présentée par M. Gaston Julia.

Les notations et abréviations sont celles de deux Notes précédentes [2].

1. Si A est un op. du type d.e. et D un d.e., A(D) est un d.e.; réciproquement, soit A un op.l. biunivoque; si A et A^{-1} transforment tout d.e. en un d.e., A est du type d.e.; si A, partout défini, transforme toute v.l.f. V, telle que $H \ominus V$ ait une dimension, en un d.e., A est borné.

Si A est de la première classe (de Tœplitz), il existe un unitaire U tel que $A(D) = U(D)$.

2. Soit D un d.e., partout dense pour simplifier; il existe une infinité d'op.l.f. bornés biunivoques B tels que $D_B = H$, $\Delta_B = D$; soit B_1 l'un d'eux; $L = B_1^{-1}B$ est fermé biunivoque, $D_L = \Delta_L = H$; donc $B = B_1 L$, où L est quelconque de la première classe.

Soit A un op.l.f. (biunivoque, avec D_A, Δ_A partout denses pour simplifier). D'après G. Julia [3], on peut représenter paramétriquement A à l'aide de 2 op.l.f. bornés biunivoques B et B' par $X = BZ$, $AX = B'Z$ ($D_B = D_{B'} = H$, $\Delta_B = D_A$, $\Delta_{B'} = \Delta_A$). Autrement dit, $A = B'B^{-1}$. Réciproquement, si l'on prend 2 op.l.f. bornés biunivoques B, B', fournissent-ils la représentation paramétrique d'un op.l.f. ? Plus précisément, soient D, D' deux d.e. partout denses; cherchons les op.l.f. biunivoques A (s'il en existe) tels que $D_A = D$, $\Delta_A = D'$ (cf. problème de la représentation conforme pour les fonctions analytiques). Soient $B = B_1 L$, $B' = B'_1 L'$ les expressions générales des op.l.f. bornés biunivoques tels que $D_B = D_{B'} = H$, $\Delta_B = D$, $\Delta_{B'} = D'$ (L et L' quelconques de la première classe). Les A sont définis paramétriquement par $X = BZ$, $X' = B'Z$, autrement dit, il faut les chercher parmi les op. $\overline{A} = B'B^{-1} = B'_1 \overline{L} B_1^{-1}$ ($\overline{L}$ quelconque de la première classe). Ces op. $\overline{A}$ sont bien biunivoques, avec $D_{\overline{A}} = D$, $\Delta_{\overline{A}} = D'$, mais sont-ils fermés ?

Les $\overline{A}$ sont du type d.e.; réciproquement (désignant par $\mathcal{G}(D, D')$ l'ensemble des op. du type d.e. biunivoques C tels que $D_C = D$, $\Delta_C = D'$),

[1] Séance du 20 janvier 1947.

[2] *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 971 et **224**, 1947, p. 180.

[3] *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 225.

si $C \in \mathcal{G}(D, D')$, $M = B_1'^{-1} C B_1$ est du type d.e., biunivoque, $D_M = \Delta_M = H$, donc M est de la première classe, et $C = B_1' M B_1$; ainsi, l'ensemble des $\overline{A}$ est précisément l'ensemble $\mathcal{G}(D, D')$. Tout revient donc à chercher les $A \in \mathcal{G}(D, D')$. A condition d'échanger au besoin les rôles de D et D′ (donc de C et C^{-1}), on peut se borner aux cas suivants :

a. Le cas $D = H$ a déjà été envisagé; car tout $C \in \mathcal{G}(D, D')$ est alors f. borné (donc est un A). C est complètement continu si et seulement si D′ est de classe 3. Si D′ est de classe 1 ou 2, tout C s'obtient par la construction suivante : il existe 2 v.l.f. orthogonales complémentaires de H, N et $\overline{N}$, 2 noyaux conjugués N' et $\overline{N'}$ de D′, 2 op.l.f. bornés et d'inverses bornés L et $\overline{L}$, avec $D_L = N$; $\Delta_L = N'$, $D_{\overline{L}} = \overline{N}$, $\Delta_{\overline{L}} = \overline{N'}$, tels que $A = LP_N + \overline{L}P_{\overline{N}}$. (D'où la construction générale des op.l.f. bornés non complètement continus.)

b. D et D′ non fermés : pour certains M, C est non fermé, et même C^* n'est défini qu'en O. Ainsi, la réciproque envisagée est fausse, et c'est dans le cadre des op. du type d.e. qu'il faut étudier cette question.

Si l'un des d.e. D, D′ est de classe 3, $\mathcal{G}(D, D')$ ne contient aucun op. A. (Si Δ_A est de classe 3 pour un op.l.f. A, D_A est fermé, A est complètement continu.)

Si D et D′ sont de classe 2, $\mathcal{G}(D, D')$ contient des op. A (A et A^{-1} non bornés) qui s'obtiennent par la construction suivante : il existe 2 noyaux conjugués N, $\overline{N}$ de D, 2 noyaux conjugués N', $\overline{N'}$ de D′, 2 op.l.f. bornés et d'inverses bornés L et $\overline{L}$ avec $D_L = N$, $\Delta_L = N'$, $D_{\overline{L}} = \overline{N}$, $\Delta_{\overline{L}} = \overline{N'}$, tels que A soit défini par prolongement linéaire dans D à partir de L dans N et $\overline{L}$ dans $\overline{N}$.

3. Dans le même ordre d'idées, si l'on sait qu'un op. A du type d.e. transforme biunivoquement le d.e. D en un d.e. D′, peut-on conclure que A est borné (pas forcément fermé) ? Supposons D et D′ partout denses. Écrivons $D \sim D'$ si $\mathcal{G}(D, D')$ et $\mathcal{G}(D', D)$ contiennent des op. bornés, et $D \succ D'$ si $\mathcal{G}(D, D')$ contient des op. bornés. Alors : *a.* $D \underset{\nsim}{\succ} D'$ si la classe de D′ est supérieure à celle de D. *b.* $D \sim D'$ si D et D′ sont tous deux de classe 1 ou tous deux de classe 2. *c.* Si D et D′ sont de classe 3, soit (a_i) et (a'_i) des suites associées ([1]) mises sous forme non décroissante; $D \underset{\nsim}{\succ} D'$ si $\overline{\lim}_{i=+\infty} a_i/a'_i < +\infty$, $\underline{\lim}_{i=+\infty} a_i/a'_i = 0$; $D \sim D'$ si $\overline{\lim}_{i=+\infty} a_i/a'_i < +\infty$, $\underline{\lim}_{i=+\infty} a_i/a'_i > 0$ [alors $\mathcal{G}(D, D')$ contient des unitaires]; si $\overline{\lim}_{i=+\infty} a_i/a'_i = +\infty$, $\underline{\lim}_{i=+\infty} a_i/a'_i = 0$, D et D′ sont non comparables dans la relation $\succ$.

4. Le domaine d'existence d'un op. l.f. symétrique prolongeable en op. self-adjoint est un d.e. partout dense quelconque. Au contraire, soit A, op. l.f.

([1]) Cf. paragraphe 3 de la Note B.

symétrique, non prolongeable en op. self-adjoint; il existe une suite de v.l.f. $V_1, V_2, \ldots$, deux à deux orthogonales, à ∞ dimensions, sous-tendant H, telles que D_A soit l'ensemble des X pour lesquels $\sum_{i=1}^{\infty} i^2 \| P_{V_i} X \|^2 < +\infty$; D_A est donc défini à un unitaire près. Si, pour A fermé symétrique, D_A n'est pas du type précédent, A admet un prolongement self-adjoint.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Les classes de Baire des fonctions multiformes.* Note ([1]) de M. **R. Brisac**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Je renvoie pour l'exposé du sujet et des notations à ma précédente Note ([2]).

II. 1° Le *théorème de Baire* pour les fonctions de première classe s'énonce comme suit : Toute fonction de la classe I_1 est scs sur un résiduel, toute fonction de la classe S_1 est sci sur un résiduel.

Le principe de la démonstration est le suivant : si x est un point de non-sci d'une fonction multiforme R, il existe un G tel que x soit sur le bord de $R^-(G)$ ([3]); si x est un point de non-scs de R, il existe un F tel que x soit sur le bord du complémentaire de $R^-(F)$; pour trouver tous les points de non-sci il suffit de prendre pour G les ouverts d'une base de Y; pour trouver tous les points de non-scs, il suffit de prendre pour F des fermés dont les complémentaires constituent une base de voisinages pour les fermés de Y.

2° La démonstration montre que la propriété des fonctions de la classe S_1 subsiste dès que Y a une base dénombrable. Au contraire, Y étant un métrique séparable, il peut exister des fonctions de la classe I_1 qui n'a aucun point de scs : X est le segment (01), Y l'ensemble des points rationnels du segment (01); $R(x)$ est l'ensemble des points $y \geqq x$ si x est irrationnel, $y \geqq x + e^{-n}$ si x est la fraction irréductible p/n; R appartient aux classes I_0 et I_1 mais n'a aucun point de scs.

De même, si R n'est pas fermée (Y à base dénombrable), une fonction de la classe S est sci sur résiduel. Mais une fonction de la classe I_1 peut n'avoir aucun point de scs même lorsque Y est le segment (01) : X et Y sont l'un et l'autre le segment (01), $R(x)$ est l'ensemble des points tels que $y > x$; R est des classes I_0 et I_1 et n'a aucun point de scs.

III. 1° On peut considérer R comme une application uniforme de X dans l'espace des parties fermées de Y, 2^Y, métrisé par la distance de Hausdorff (point de vue de Kuratowski-Choquet); 2^Y est un métrique compact. C_0 est la

---

([1]) Séance du 20 janvier 1947.

([2]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 175.

([3]) Kuratowski, *Fund. Math.*, 18, pp. 148 et suiv. L'auteur indique en note une formule donnant l'ensemble des points de discontinuité d'une fonction uniforme que nous avons généralisée dans le cas des fonctions multiformes.

classe des applications continues, C_1, C_2, ... les classes de Baire. D'après un théorème de Baire-Kuratowski, toute fonction d'une classe C_n est continue à un ensemble de première catégorie près.

Si l'espace X est tel que tout G est un F_σ (cette propriété est vraie pour tout métrique), les classes I_n et S_n sont contenues dans la classe C_{n+1}; donc toutes les fonctions que nous avons classées sont à la fois sci et scs, à un ensemble de première catégorie près.

2° Lorsque Y est un espace topologique quelconque, on peut définir sur l'ensemble des parties fermées 2^Y une topologie telle que la classe C_0 coïncide avec la classe des applications (uniformes) continues; une base de cette topologie est constituée par les ensembles Γ définis de la façon suivante : les points de Γ, considérés comme ensembles de Y, sont contenus dans un ouvert de Y et coupent un nombre fini d'ouverts de Y. L'espace ainsi défini est accessible si Y est séparé, séparé si Y est régulier, compact si Y est compact. Mais les classes de Baire ne coïncident avec C_1, C_2, ... que si 2^Y a une base dénombrable, ce qui n'arrive généralement pas (en dehors du cas où Y est métrique compact). Remarquons d'ailleurs que la limite associée à la topologie de l'espace 2^Y n'est généralement pas la limite topologique.

Les résultats obtenus par Kuratowski [3] et Choquet [4] sur la classe des fonctions multiformes sont des cas particuliers de résultats obtenus dans cette Note.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les rotations et les homothéties de l'espace des congruences de droites.* Note de M. **Paul Vincensini**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Les différentes congruences rectilignes C de l'espace ordinaire étant regardées comme les éléments d'un nouvel espace (espace E des congruences), je définis dans cette Note les rotations et les homothéties de E, et j'indique brièvement certaines propriétés de ces transformations susceptibles de diverses applications géométriques. Nous appellerons rotation toute transformation de E définie de la façon suivante. Donnons-nous une congruence arbitraire fixe C_0 de E; faisons correspondre, à chaque rayon D_0 de C_0, les rayons D des différentes congruences C de l'espace qui sont parallèles à D_0; soumettons chaque droite parallèle à D_0 à une rotation d'un angle déterminé α, dans un sens déterminé, autour de D_0. Toute congruence C de E est ainsi transformée en une nouvelle congruence. L'ensemble des éléments C de E subit une transformation en lui-même, tranformation que nous désignerons par $\mathcal{R}^{\alpha}_{C_0}$, et qui est précisément celle que nous voulions définir.

2. Une propriété presque évidente de l'ensemble (G) des rotations de E est

(4) *Thèse*, Paris, 1946. On y trouve un exemple où le contingent plan régularisé n'est pas de la classe 1.

que ces transformations forment un groupe. (G) contient $\mathcal{R}_c^{-\alpha}$ en même temps que $\mathcal{R}_c^{\alpha}$, et d'autre part étant données deux rotations $\mathcal{R}_{c_0}^{\alpha_0}$ et $\mathcal{R}_{c_1}^{\alpha_1}$ de E, il existe une rotation d'angle $\alpha_0 + \alpha_1$, admettant pour élément central une congruence C facile à déterminer, et telle que l'on ait $\mathcal{R}_c^{\alpha_0+\alpha_1} = \mathcal{R}_{c_1}^{\alpha_1} . \mathcal{R}_{c_0}^{\alpha_0}$.

On démontre que le groupe (G) admet comme *sous-groupe* l'ensemble (G_0) des rotations *isotropes* (s'effectuant autour de congruences isotropes). Le sous-groupe isotrope (G_0) jouit de propriétés intéressantes. Ses opérations *laissent invariante la distance limite* (des deux points limites) sur chaque rayon de toute congruence sur laquelle elles agissent. Il en résulte en particulier que la variété (C_0) des congruences isotropes de E reste globalement invariante par toute rotation *centrée en l'un quelconque de ses éléments*. Sont également invariantes par rotation isotrope les diverses variétés de congruences *équilimites* (de même distance limite sur les rayons de même représentation sphérique). Parmi ces dernières variétés figurent évidemment les variétés à *distance limite* $2d$ *constante* (formées de congruences dans lesquelles tous les segments limites sont égaux), généralisations immédiates de la variété isotrope ($2d = 0$).

3. Au lieu de faire tourner chaque rayon D d'une congruence arbitraire C autour du rayon homologue D_0 de la congruence fixe C_0, soumettons D à une homothétie de rapport quelconque λ dont le centre est sur D_0; l'ensemble des droites obtenues est une nouvelle congruence que nous dirons *homothétique de* C *dans l'homotétie* $\mathcal{H}_{C_0}^{\lambda}$ *de rapport* λ *ayant pour centre la congruence* C_0. Les homothéties de l'espace E des congruences forment un groupe (Γ). On démontre que (Γ) admet comme sous-groupe *l'ensemble* (Γ_0) *des homothéties dont les centres sont des congruences à paramètre moyen p constant.* (Γ_0) joue, vis-à-vis des homothéties, un rôle analogue à celui du sous-groupe isotrope (G_0) vis-à-vis du groupe des rotations. La variété des congruences à paramètre moyen constant *reste globalement invariante* par les différentes opérations de (Γ_0), ses diverses sections $p =$ const. *se transformant les unes dans les autres.* En outre les différents éléments du groupe (Γ_0) correspondant à la *même* valeur constante de *p forment un sous-groupe* (γ_p) de (Γ_0), donc du groupe général (Γ), et chacun des ∞^1 sous-groupes de (Γ) correspondant aux ∞^1 valeurs de *p laisse invariante la variété des congruences centrales des homothéties qui le composent.* Le sous-groupe (γ_0) relatif aux congruences normales ($p = 0$) fournit une vérification immédiate du résultat précédent.

Les variétés à paramètre moyen constant ne sont pas les seules à jouir de la propriété d'invariance vis-à-vis de certaines opérations du groupe (Γ) des homothéties. Cette propriété appartient aussi aux différentes variétés *équiparamétriques* (formées par les différents ensembles de congruences de même paramètre moyen sur les rayons de même représentation sphérique). Chacune de ces dernières variétés est transformée en elle-même *par toute homothétie centrée sur la variété même*. Les applications géométriques des propriétés qui viennent d'être indiquées feront l'objet d'un travail ultérieur.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la détermination du diamètre des gouttes des brouillards naturels et artificiels.* Note (¹) de M. **Guy Littaye**, présentée par M. Henri Villat.

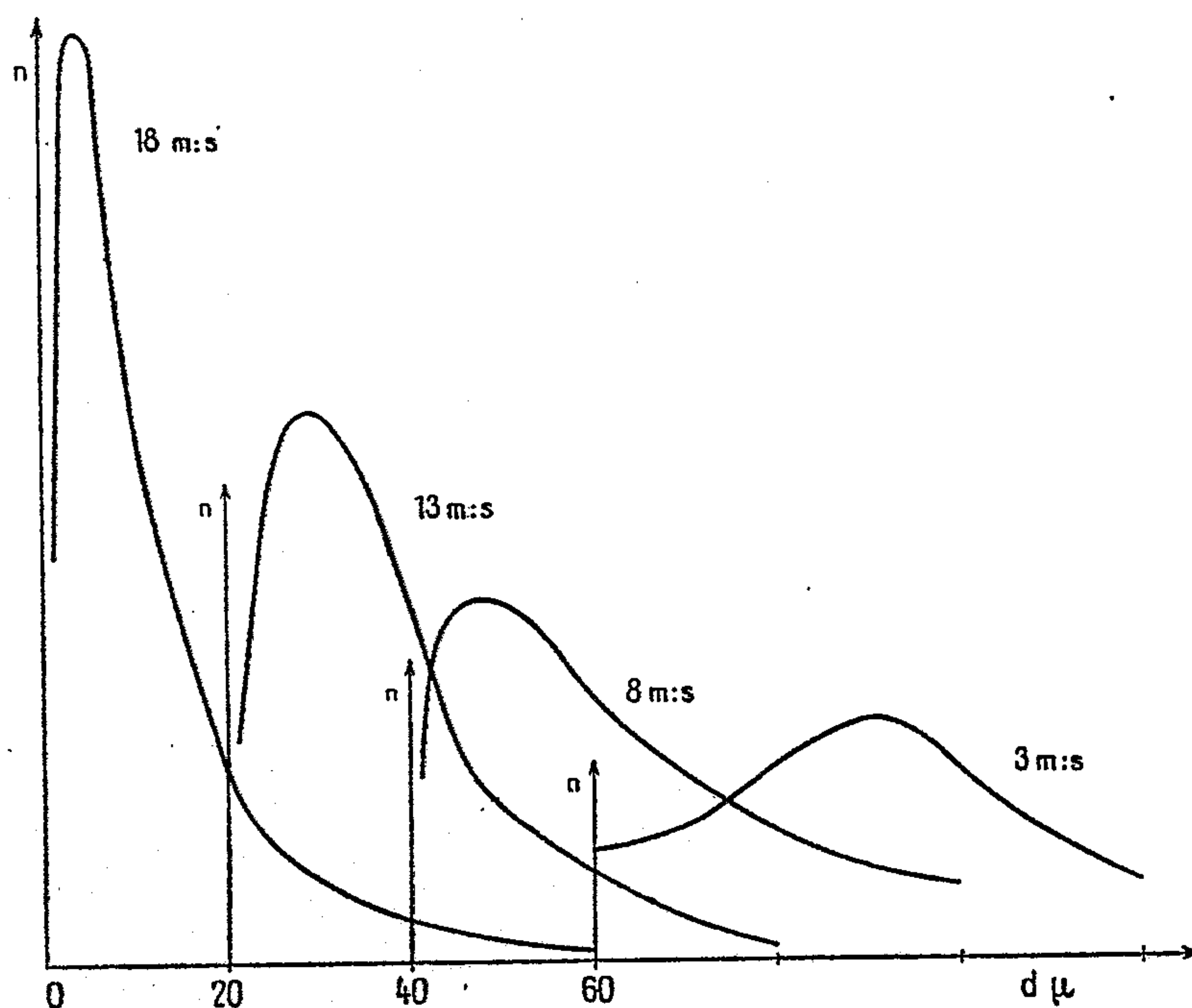
Les diverses gouttes qui constituent un brouillard ayant des grosseurs toutes différentes, la connaissance complète de ce brouillard exige l'étude statistique de la répartition des gouttes suivant leurs diamètres. De la courbe de fréquence obtenue, on peut déduire la répartition du volume liquide entre les divers diamètres. Cette étude statistique s'effectue généralement par prélèvements des gouttes qui se déposent sur une lame huilée déplacée par rapport au brouillard. Le diamètre des gouttes ainsi mises en suspension dans l'huile est mesuré au microscope.

Les auteurs qui ont utilisé cette méthode ne semblent pas avoir été arrêtés par l'objection qu'en heurtant l'huile, les grosses gouttes pouvaient se briser en un grand nombre de gouttelettes fines, ce qui fausserait les mesures de répartition. Pour préciser la valeur de cette objection, je réalise un brouillard en faisant arriver le liquide à pulvériser (l'eau dans mes expériences) dans l'axe d'une veine d'air cylindrique obtenue au moyen d'une tuyère. Celle-ci débouche à l'air libre un peu en aval de l'arrivée du liquide. La vitesse de l'air, mesurée au moyen d'un pitot, reste sensiblement constante sur une longueur de quelques centimètres au delà de l'orifice de la base, longueur sur laquelle se produit la pulvérisation du jet. Le brouillard est ainsi formé à une vitesse relative bien définie (ici 72 m : s); entraîné d'abord par le courant gazeux, il ralentit peu à peu à l'air libre. Les gouttes d'eau sont recueillies dans une goutte d'huile de paraffine. L'émulsion, portée aussitôt sur la platine d'un microscope, est photographiée avec un grandissement convenable en utilisant l'éclairage sur fond noir. Malgré leurs inégales vitesses de chute dans l'huile, les gouttes n'ont pas le temps d'atteindre des profondeurs sensiblement différentes : elles sont toutes au point sur la plaque photographique. Lorsque de petites gouttes se trouvent cependant juste au-dessus de gouttes plus grosses, elles restent cependant parfaitement visibles grâce au mode d'éclairage adopté.

Quatre séries de prélèvements à diverses distances de la buse ont été effectuées, en des points où la vitesse du brouillard a les valeurs suivantes : 18 m : s, 13 m : s, 8 m : s et 3 m : s. Les courbes de la figure ci-contre représentent la répartition statistique des gouttes dans les émulsions ainsi obtenues. Ces courbes semblent faire reposer sur une base solide l'objection faite à la méthode de captation précédente. En effet, à mesure que la vitesse de captation diminue, la proportion des grosses gouttes augmente, alors que la constitution du brouillard ne peut avoir évolué sensiblement entre l'instant de sa production

(¹) Séance du 23 décembre 1946.

et celui du prélèvement. Les courbes représentées ici traduisent les résultats obtenus sur un même nombre total de gouttes. Les différences observées s'accusent encore si l'on ramène ces résultats à un même volume total du liquide.



Mais en admettant que quelques grosses gouttes se soient divisées par le choc en un grand nombre de fines gouttelettes, ce phénomène n'a pu influer beaucoup sur la répartition du volume liquide entre les gouttes de divers diamètres, la seule intéressante. En effet, le volume total des gouttes inférieures à 40^{μ} représente, pour les prélèvements précédents, une fraction du volume liquide total qui reste comprise entre 0,008 et 0,02.

Si l'effet que je viens de décrire est sans importance pour les brouillards formés aux vitesses moyennes ([2]), il peut n'en être plus tout à fait de même pour les pulvérisations plus fines obtenues aux vitesses élevées, non plus que pour les brouillards naturels, toujours très fins. Il est prudent de limiter alors à une valeur faible, de l'ordre du m : s au plus, la vitesse relative du brouillard et de la lame collectrice.

([2]) La sélection mécanique observée par divers auteurs au voisinage de la plaque collectrice n'est pas à craindre non plus : elle n'élimine que des gouttes de diamètre très inférieur à 40 μ.

THÉORIE DE LA RELATIVITÉ. — *Relations entre les potentiels de gravitation dans la matière en mouvement.* Note de M. **Pierre Dive**, présentée par M. Jean Chazy.

Considérons un foyer d'énergie dont la densité matérielle $p_{(4)}=\rho$ et les pressions partielles $p_{(q)}(q\neq 4)$ ne dépendent que de la distance r à un centre de symétrie O. La Mécanique des milieux exige que les $p_{(q)}$ admettent une valeur double : $p_{(2)}=p_{(3)}=p_{(b)}(b:2,\ 3)$. Le schéma est donc du type *Fluide parfait-Champ électromagnétique* (¹).

Écrivons l'équation fondamentale de la Dynamique pour un repère trirectangle S', lié au foyer, d'origine O' quelconque, et dont l'axe $O'x^{1'}$ est porté par OO' (²)

$$(1)\qquad \mathcal{D}_{\beta'}\left(\rho\frac{dx^{\alpha'}}{ds}\frac{dx^{\beta'}}{ds}+Q^{\alpha'\beta'}\right)=0.$$

$F^{\alpha'}=-\mathcal{D}_{\beta'}Q^{\alpha'\beta'}$ est la force contravariante des tensions. Tenons compte des relations données par la symétrie et la Mécanique des milieux; $Q^{\alpha'}_{q'}=0\,(q\neq a)$, $Q^{\alpha'}_{4'}=0\,(\alpha:1,2,3,4)$, $Q^{a'\beta'}=g^{a'\beta'}p_{(a)}$, $Q^{4'}_{a'}=-(g_{4'a'}/g_{4'4'})p_{(a)}(a,\,q\neq 4)$, $g^{1'b'}=0$; il vient

$$(2)\qquad -\frac{1}{2}\rho g^{a'q'}\partial_{q'}\mathrm{L}g_{4'4'}=F^{a'};$$

ou, en explicitant les $Q^{\alpha'\beta'}$,

$$(3)\qquad \partial_{a'}p_{(a)}=\left[\frac{1}{2}(p-p_{(a)})+(p_{(a)}-p_{(h)})g^{4'h'}g_{4'h'}\right]\partial_{a'}\mathrm{L}g_{4'4'}+(p_{(a)}-p_{(h)})\left[\frac{1}{2}g^{h'q'}\partial_{a'}g_{h'q'}+g^{4'h'}\partial_{a'}g_{4'h'}\right].$$

Cette équation généralise l'équation de Haag pour $\varkappa=0$ (³). — Passons de S' au système S$^{\bullet}$ des coordonnées polaires r, θ, φ, telles que $x^1=r\cos\theta$, $x^2=r\sin\theta\cos\varphi$, $x^3=r\sin\theta\sin\varphi$, et écrivons r pour $1^{\bullet}$, θ pour $2^{\bullet}$, φ pour $3^{\bullet}$. On trouve $g^{r\theta}=0$, $g^{r\varphi}=0$. D'autre part, la condition $g^{a4}=0$ (dans S, au repos dans l'éther) donne, dans S lié au foyer, $g^{41}=i\varkappa g^{44}$ ($\varkappa=u/c$, u : vitesse galiléenne, $c=3^{10}$ cm/s), $g^{4b}=0$ $(b\neq 1)$, et, dans S$^{\bullet}$, $g^{r4^{\bullet}}=i\varkappa\cos\theta g^{4^{\bullet}4^{\bullet}}$, $g^{\theta 4^{\bullet}}=-i\varkappa r^{-1}\sin\theta g^{4^{\bullet}4^{\bullet}}$, $g^{\varphi 4^{\bullet}}=0$. Les équations (3) en ∂_θ et ∂_φ peuvent alors s'écrire

$$(4)\qquad [\rho-p_{(b)}-(p_{(b)}-p_{(1)})g^{r4^{\bullet}}g_{r4^{\bullet}}]\,\partial_{\theta,\varphi}\mathrm{L}g_{4^{\bullet}4^{\bullet}}=(p_{(b)}-p_{(1)})\,\partial_{\theta,\varphi}\mathrm{L}g^{rr}.$$

(¹) Cf. A. Lichnerowicz, *Sur les équations relativistes de l'Électromagnétisme* (*Ann. Éc. Norm. Sup.*, 3e série, **40**, IV, 1943, p. 253).

(²) Nous reprenons les notations de notre précédente Note (*Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 232).

(³) J. Haag, *Le problème de Schwarzschild* [*Mémor. des Sc. Math.*, **46**, p. 12, équat. (28)].

Postulons l'existence de surfaces équipotentielles à l'intérieur du foyer ([4]); $F_{a'}\delta x^{a'} = -1/2\,\rho(r^2)\,\delta L g_{4'4'}$ doit être une différentielle exacte; $g_{4^\bullet 4^\bullet} = g_{4'4'}$, et, en vertu de (4), g^{rr}, ne doivent dépendre que de r^2 ([5]). *Les équipotentielles sont nécessairement sphériques.*

En résumé nous pourrons énoncer le théorème : *Il existe des surfaces équipotentielles; la force contravariante est centrale; la force covariante est centrale; g^{rr} est une fonction holomorphe de r^2 seul; $g_{4^\bullet 4^\bullet}$ est une fonction holomorphe de r^2 seul quand l'une quelconque de ces propositions est vraie.*

Considérons maintenant un corpuscule de rayon α assez faible pour que nous puissions, en seconde approximation, négliger les termes en α^3 devant les termes en α^0. On aura $g^{\theta\varphi} = 0$, $\partial_\varphi g^{rr} = 0$, $\partial_\varphi g^{r4^\bullet} = 0$, $\partial_\varphi g^{\theta\theta} = 0$, $\partial_\varphi g^{\theta 4^\bullet} = 0$, $\partial_\varphi g^{4^\bullet 4^\bullet} = 0$. D'autre part l'équation (3) en ∂_r peut s'écrire

$$(5)\qquad \frac{d}{dr}p_{(1)} = \frac{1}{2}\left[\rho - p_{(1)} + (p_{(2)} - p_{(1)})\,g^{\theta 4^\bullet} g_{\theta 4^\bullet}\right]\frac{d}{dr}\,L g_{4^\bullet 4^\bullet} + (p_{(2)} - p_{(1)})\,\frac{d}{dr}\,L\,|g^{\theta\theta} g^{\varphi\varphi}|.$$

Nous en déduisons que $\partial_\varphi g^{\varphi\varphi} = 0$. D'où ce théorème : *Le système* $S^\bullet$ *des coordonnées polaires est orthogonal et statique par rapport à* φ.

Enfin, l'équation ([6])

$$g^{aq} x^q = \Psi(x^s)\,x^a \qquad (a,\ q,\ s \neq 4),$$

où $\Psi(x^s) = g^{rr}(r^2)$, nous donne la forme des g^{aq} limités au second ordre :

$$(7)\qquad \left\{\begin{aligned} & g^{aq} = \alpha\,(\delta^{aq} - \lambda x^a x^q) \qquad (\delta^{aq},\ \text{symbole de Kronecker}), \\ & g^{44} = \frac{2}{\gamma}(1+\zeta)^{-1}\left[1 - \frac{1}{2}(1+\zeta^{-1})\,\nu r^2 + 2\,\frac{\lambda\zeta^{-1}}{(1+\zeta)}\,\varpi\, x^{1^2}\right]^{-1}, \end{aligned}\right.$$

avec $g_{44} = \gamma(1 - \nu r^2)$, $\varpi = \chi^2/\alpha\gamma$, $\zeta = \sqrt{1 + 4\varpi}$, α, λ, γ, ν étant des constantes.

Toutefois, il suffit que les tensions $p_{(q)}$ soient égales ou nulles ([7]) sur la surface limite du corpuscule, ou bien que cette surface soit équipotentielle, pour que [sauf le cas exceptionnel $p_{(1)}(0) = \rho(0)$] (4) *donne $g_{44} = \gamma(1 - \nu r^2)$, et implique l'anisotropie ellipsoïdale du type* II.

([4]) Pour des corpuscules électriques, cette condition paraît imposée par la Physique. Il est d'ailleurs possible que les équations de gravitation $S_{\alpha'}^{\alpha'} = A p_{(\alpha)}(r^2)$ l'exigent sans aucun appel à une propriété physique. Nous n'avons pas encore élucidé ce point.

([5]) Nous avons démontré le lemme : *Toute fonction de r seul, holomorphe des x^q, est holomorphe de r^2.*

([6]) P. Dive, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 232.

([7]) Nulles, pour que la ligne d'univers soit une géodésique.

THERMODYNAMIQUE. — *Valeurs remarquables du rapport entre la chaleur moléculaire de fusion et la température de fusion des composés chimiques.* Note de M. **Stefan Procopiu**, présentée par M. A. Cotton.

1. Dans une Note précédente (¹) j'ai montré que le rapport entre la chaleur moléculaire LM et la température de fusion T des métaux monoatomiques est tel que l'on a

$$\frac{LM}{T} = R, \tag{1}$$

où R est la constante des gaz, égale à 2 si L est mesuré en calories.

En utilisant les résultats venus depuis à ma connaissance, je trouve que cette relation se vérifie pour les métaux : Na, K, Be, Cu, Ag, Cd, Mg, Pb, Fe, Fe avec 4,2 % C, Co, Al, Pd, et aussi pour les molécules des éléments H_2, D_2, O_2, S_2, P_4. Dans le cas de la molécule d'hydrogène, on sait, d'après Eucken (²), que cette molécule se comporte aux basses températures comme une molécule monoatomique, de sorte que l'on s'explique que la relation (1) se vérifie encore pour H_2.

Je veux montrer dans la présente Note que si l'on considère divers composés chimiques, on peut écrire encore la relation

$$\frac{LM}{T} = K, \tag{2}$$

avec une constante K ayant souvent une valeur simple et présentant certaines régularités.

2. Pour 45 composés chimiques, dont 36 composés organiques, dérivés halogénés et nitro- du benzène, alcools et phénols bi- et tribasiques, et 9 composés inorganiques, ayant dans leur molécule plus de dix atomes, on peut écrire, au moins en première appproximation,

$$k = \frac{LM}{T} = \left(\frac{n}{2}\right) R = n. \tag{3}$$

Dans cette relation n est le nombre des atomes, constituant la molécule, $1/2R$ correspond à 1^{cal} et représente l'énergie pour un degré de liberté. En d'autres termes la constante K, variation d'entropie lors de la fusion, est égale au nombre des atomes n.

La liste suivante, où sont rapprochées les valeurs de K et de n a été établie en utilisant les valeurs de L et T données dans le *Handbook of Chemistry and Physics*, 21ᵉ éd., 1937, Ohio, Cleveland.

Composés inorganiques : $MgCl_2, 6H_2O$ ($n = 21$, $K = 21,6$); $Mg(NO_3)_2$,

(¹) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 503.

(²) *Journal de Physique*, **7**, 1936, p. 287, et *Berlin. Akad. Ber.*, 1912.

$6H_2O$ ($n = 27$, $K = 26,7$); $Mn(NO_3)_2$, $6H_2O$ ($n = 27$, $K = 27,7$); $Ni(NO_3)_2$, $6H_2O$ ($n=27$, $K=32,7$); $Zn(NO_3)_2$, $6H_2O$ ($n=27$, $K=30$); $Cd(NO_3)_2$, $4H_2O$ ($n = 21$, $K = 23,5$); $Ca(NO_3)_2$, $4H_2O$ ($n = 21$, $K = 25,4$); Na_2CrO_4, $10H_2O$, ($n = 37$, $K = 45$); $K_2Cr_2O_7$ ($n = 11$, $K = 13$).

Composés organiques : $C_6H_4Cl_2$, *ortho, méta, para* ($n = 12$, $K = 12,1$; $12,1$; $13,4$). $C_6H_4Br_2$, *o, m, p* ($n = 12$, $K = 10,3$; 12; $13,4$). $C_6H_4I_2$, *o, m, p* ($n=12$, $K=11$; $12,4$; $13,3$). C_6H_4BrCl, *o, m, p* ($n=12$, $K=11,3$; $11,6$; $13,2$). C_6H_4BrI, *o, m, p* ($n = 12$, $K = 11,8$; $11,1$; 13). $C_6H_4ClCOOH$, *o, m, p* ($n=15$, $K=15$; $13,3$; 15). $C_6H_4ClNO_2$, *o* ($n=14$, $K=14,6$). $C_6H_4NO_2COOH$, *o, m, p* ($n = 17$, $K = 16$; $11,1$; $17,2$). $C_6H_4(NO_2)_2$, *o, m, p* ($n = 16$, $K = 14$; $11,4$; $15,1$). $C_6H_4NH_2NO_2$, *o, m, p* ($n = 16$, $K = 11,2$; $14,7$; 12). $C_6H_2Br_3NH_2$ ($n = 14$, $K = 15,5$). $C_6H_4(OH)_2$, résorcinol ($n = 14$, $K = 13,3$). $C_6H_4(OH)_2$, quinol ($n = 14$, $K = 14,5$). $(CH_2OH)_2$ ($n = 10$, $K = 10,2$). $C_3H_5(OH)_3$ ($n=14$, $K=15$). $C_6H_2Br_3OH$ ($n=13$, $K=12,1$). $CH_2ClCOOH\alpha$ ($n = 8$, $K = 8,8$). $CH_2ClCOOH\beta$ ($n = 8$, $K = 10$).

On voit que pour toutes les molécules, qui renferment plus de 8 atomes, le rapport K/n est voisin de l'unité et se trouve presque toujours égal à 1 à moins de 2/10 près.

3. Les dérivés du benzène, substitués dans la position para, donnent une constante de tension K, dont la valeur est de 1 unité plus grande que celle du même composé, substitué dans la position ortho. On a, pour la plupart des substances contenues dans la liste précédente,

$$K_{para} = K_{ortho} + 1. \tag{4}$$

Les composés, possédant un radical, substitué dans la position para, éloigné du centre de la molécule, demandent à la fusion, pour la vibration de ce radical, une énergie supplémentaire, correspondant à environ un degré de liberté.

4. Les acides organiques, ayant un seul radical acide COOH, et les alcools et phénols monovalents ayant un seul radical OH, donnent une constante K de fusion beaucoup plus petite que le nombre des atomes n, et sa valeur peut descendre jusqu'à la moitié du nombre n, pour quelques-unes de ces substances : C_3H_7OH, $n = 12$, $K = 7$; C_4H_9OH, $n = 15$, $K = 12$; $C_{10}H_{13}OH$, $n = 25$, $K = 13$; etc., C_3H_7COOH, $n = 14$, $K = 10$; $C_7H_{15}COOH$, $n = 26$, $K = 18$; etc., C_6H_5COOH, $n = 15$, $K = 10$. On peut admettre que cette diminution de la valeur de la constante K est due à la polymérisation, seulement à l'état liquide, des molécules des acides organiques et des alcools.

5. Les hydrates NaOH, KOH, RbOH, CsOH donnent une constante K de valeur 2,7; 2,6; 2,8; 3; et les acides ClH, BrH, IH donnent respectivement 3,2; 3,3; 3,3. Les sels qui en résultent, NaF, NaCl, KF, KCl, donnent une constante K égale à 6,2; 6,8; 5,6 et 5,4, valeurs qui sont en moyenne la somme des constantes calculées pour la base et pour l'acide. Lorsqu'on aura

des données pour plusieurs substances, on pourra peut-être écrire la formule d'additivité

$$K_{base} + K_{acide} = K_{sel}. \tag{5}$$

L'additivité des constantes K, c'est-à-dire des variations d'entropie des deux substances à la fusion, signifie que deux réactifs dissociés avant leur réunion restent avec les mêmes ions, toujours dissociés, dans le sel résultant.

MAGNÉTISME. — *Préparation et propriétés ferromagnétiques des phosphures de manganèse.* Note [1] de MM. **Charles Guillaud** et **Henri Créveaux**, présentée par M. Aimé Cotton.

La préparation des phosphures de manganèse est particulièrement difficile à cause de la tension de vapeur très élevée du phosphore aux hautes températures atteintes. Le creuset en alumine pure, contenant le manganèse et le phosphore, est placé à l'intérieur d'une bombe cylindrique en acier de 2^{cm} d'épaisseur de paroi. Le couvercle de la bombe est vissé à force, il écrase alors un siège en forme d'arête vive, puis on soude à l'arc électrique. On assure ainsi en général l'étanchéité de la bombe en évitant l'attaque de la soudure par la vapeur de phosphore. Ce couvercle est aménagé de telle façon qu'il est possible de faire le vide dans la bombe et d'y introduire de l'argon sous pression.

Le manganèse utilisé est du manganèse pur (99,8 %) provenant de la distillation d'un amalgame de manganèse obtenu par électrolyse. Le phosphore rouge a été, au préalable, débarrassé de ses oxydes et séché. Ces deux éléments, en poudre très fine, sont intimement mélangés.

Après différents essais nous avons porté les bombes à 1000°C. environ pendant une heure, puis nous les avons laissé refroidir lentement. La combinaison a lieu dès la température de 300-350°C. Mais pour obtenir un alliage homogène nous avons dû atteindre 1000°. Le phosphore distille, d'où une perte de poids importante par suite de la formation de phosphure de fer sur les parois de la bombe. Il est donc nécessaire de placer dans le creuset, pour préparer un alliage de composition donnée, un excès de phosphore. La difficulté à vaincre est d'obtenir des alliages riches en phosphore ; malgré de nombreux essais nous n'avons pu dépasser la teneur de 33,7 % en ce dernier corps.

La phase ferromagnétique commence pour une teneur en phosphore voisine de 17 %. Nous avons donc préparé des alliages entre ces teneurs limites (17 %, 33,7 %) et l'étude de leurs propriétés ferromagnétiques a été faite.

Résultats. — Les propriétés ferromagnétiques de toute la phase ferromagnétique, au moment près, sont identiques : même point de Curie (25°C.), et mêmes variations relatives de l'aimantation en fonction du champ et de la température.

---

(1) Séance du 20 janvier 1947.

Les figures 1 et 2 se rapportent à l'alliage le plus riche en phosphore (33,7 %) que nous ayons obtenu.

La figure 1 traduit les variations de l'aimantation spécifique σ en fonction

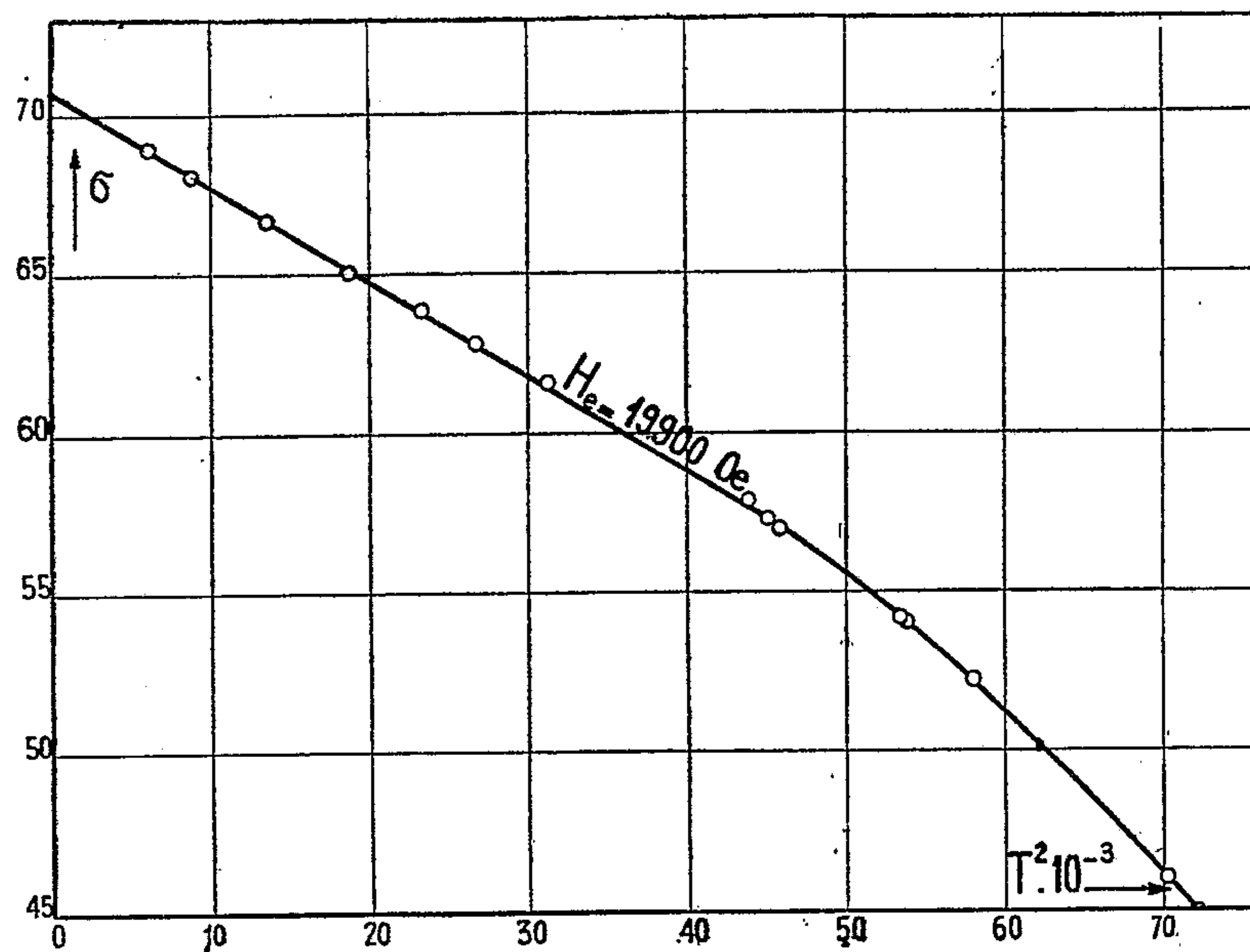


Fig. 1.

de T^2 pour un champ de 19900 Oe. Aux basses températures cette variation est linéaire.

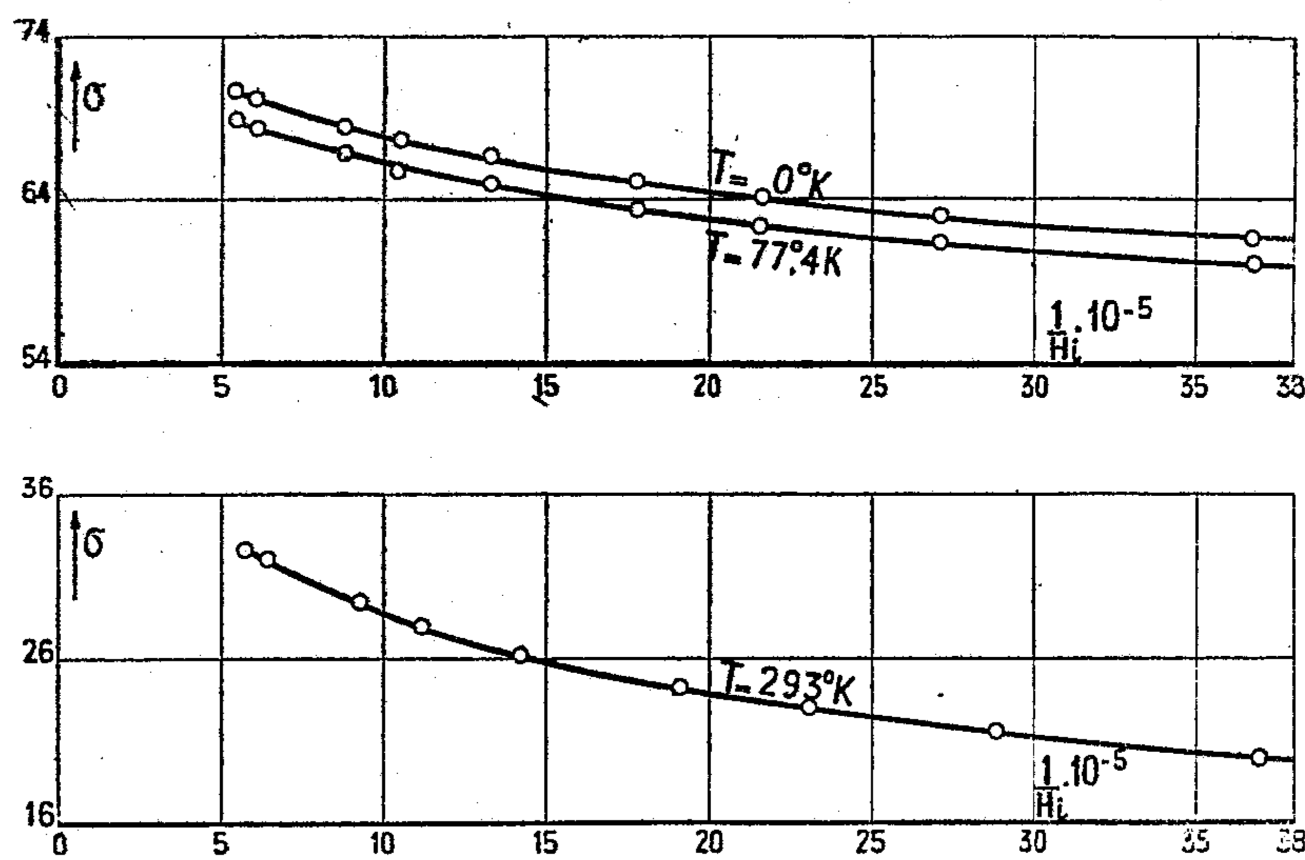


Fig. 2.

La figure 2 (σ en fonction de $1/H_i$, aux températures de 293° K., 77° K., 0° K.), montre que la loi hyperbolique $\sigma_H = \sigma_\infty(1 - a/H)$ n'est plus correcte. Il se

superpose à l'aimantation représentée par cette loi, une aimantation qui ne peut être expliquée par un paramagnétisme superposé; de plus, elle ne disparaît pas aux basses températures comme dans le cas du nickel par exemple. Dans ces conditions les extrapolations sont difficiles, les résultats ne seront donnés qu'à ± 2 %.

Nous trouvons pour cet alliage à 33,7 % de phosphore

$$\sigma_{H=19900,\,T=77^\circ K} = 68,8, \qquad \sigma_{\infty,\,77^\circ K} = 73,4 \qquad \sigma_{\infty,\,0^\circ K} = 75,2.$$

Pour connaître le moment du composé défini MnP (36,1 %), nous avons tracé la courbe de l'aimantation spécifique $\sigma_{H=19900,\,T=77^\circ K}$ (qui nous est donnée directement par l'expérience) en fonction du titre. Par extrapolation nous avons obtenu

$$\sigma_{H=19900,\,F=77^\circ K} = 70,8,$$

ce qui donne par analogie

$$\sigma_{\infty,0^\circ K} = 77,4,$$

d'où

$$\sigma_{at} = 6730.$$

Le moment de l'atome de manganèse entrant dans la molécule est de

$$n = 5,98 \pm 0,15\ \mu_W \qquad \text{(magnétons de Weiss)}.$$

ÉLECTRONIQUE. — *Étude de la propagation simultanée d'une onde progressive guidée et d'un faisceau électronique de vitesse voisine.* Note de M. **Pierre Lapostolle**.

Je me propose d'étudier sur un modèle concret l'interaction entre une onde progressive et un faisceau électronique de même vitesse. Je considère un guide cylindrique de rayon R_0 constitué par une substance diélectrique de constante diélectrique K élevée, métallisée sur sa surface extérieure et percée d'un canal central de rayon r_0 dans lequel circule un faisceau électronique qui, en l'absence d'interaction, aurait une densité linéaire ρ_0 et une vitesse v_0.

I. *Propagation dans le diélectrique.* — L'étude de la propagation dans le diélectrique, faite pour simplifier dans le cas d'une onde E à symétrie de révolution d'ordre zéro, conduit, pour des champs électriques alternatifs $\vec{E}$ et $\vec{H}$, à des expressions, en coordonnées cylindriques (r, θ, z), qui contiennent en particulier

$$(1)\quad \begin{cases} E_z = A_1[J_0(h_1 r) + \lambda N_0(h_1 r)]e^{j\omega t + kz}; \qquad H_\theta = B_1[J_1(h_1 r) + \lambda N_1(h_1 r)]e^{j\omega t + kz} \\ \text{avec} \\ h_1^2 = K\dfrac{\omega^2}{c^2} + k^2 \qquad \text{et} \qquad \dfrac{A_1}{B_1} = -j\dfrac{h_1}{\varepsilon_0 \omega K}, \end{cases}$$

A, B, λ sont des constantes, ε_0 et μ_0 la constante diélectrique et la perméabilité du vide $[\varepsilon_0 \mu_0 c^2 = 1]$.

II. *Propagation dans le faisceau.* — Je suppose que la vitesse et la densité électronique dans le faisceau, compte tenu de l'interaction, diffèrent relativement peu de v_0 et ρ_0. On peut alors chercher des solutions du type

$$\vec{v_0}+\overrightarrow{v(r)}e^{j\omega t+kz} \qquad \text{et} \qquad \rho_0+\rho(r)e^{j\omega t+kz}.$$

L'étude générale faite en supposant l'existence d'un champ magnétique axial focalisateur H_0 a montré que, pour les très grandes valeurs de H_0, la vitesse $\overrightarrow{v(r)}$ est purement axiale [1]. On trouve alors les expressions suivantes

$$(2)\quad \left\{\begin{array}{l} E_z=A_2 I_0(h_2 r); \qquad H_\theta=B_2 I_1(h_2 r); \qquad \dfrac{A_2}{B_2}=-j\dfrac{h_2}{\varepsilon_0\omega(1+s)} \\ \text{où } h_2^2=-k^2\left(1+\dfrac{\omega^2}{k^2c^2}\right)(1+s) \qquad \text{avec } s=\dfrac{4\rho_0}{r_0^2}\dfrac{e}{m}\mu_0\dfrac{c^2}{v_0^2\gamma^2} \qquad \text{et} \qquad \gamma=k+j\dfrac{\omega}{v_0} \\ (e \text{ et } m, \text{ charge et masse de l'électron}). \end{array}\right.$$

III. *Conditions aux limites.* — On doit avoir $E_z=0$ sur la surface métallique $(r=R_0)$ et raccorder les champs tangentiels pour $r=r_0$. Pour fixer les idées, je considère, en l'absence d'électrons, une onde du type E_{01}; il lui correspond une certaine vitesse de propagation u et je suppose $v_0 \neq u$. En présence des électrons, les composantes de l'onde contiendront le terme exponentiel

$$(3)\qquad e^{j\omega t+kz}=e^{j\omega\left(t-\frac{z}{v_0}\right)}e^{\gamma z}.$$

Résultats. — Pour simplifier la résolution des équations, on a supposé r_0 notablement inférieur à R_0. D'une façon générale il existe 3 ondes se propageant dans le même sens que le faisceau, l'une légèrement plus rapide sans atténuation ni gain, les autres légèrement plus lentes, l'une s'amplifiant et l'autre s'affaiblissant

1° *Pour r_0 petit* (d'une façon plus précise si $|k_2 r_0| \ll 1$, ce qui a lieu, pour ρ_0 assez faible, si $\omega r_0 \ll v_0$) on trouve

$$(4)\qquad \gamma^3=-j\,42{,}5\,\frac{c^2\rho_0}{K\omega v_0 R_0^4}\,\frac{e}{m}\mu_0=-j\,1{,}26\,\frac{\omega^3}{v_0^3}\,\frac{(p-1)^2}{p}\rho_0\frac{e}{m}\mu_0$$

avec $p=K\,v_0^2/c^2$,

2° *Pour r_0 grand* si ρ_0 est très faible, on trouve

$$(5)\qquad \gamma^3=-j\,42{,}5\,\frac{c^2\rho_0}{K\omega^2 r_0 R_0^4}\,\frac{e}{m}\mu_0=-j\,1{,}26\,\frac{\omega^2}{v_0^2 r_0}\,\frac{(p-1)^2}{p}\rho_0\frac{e}{m}\mu_0.$$

Pour des valeurs plus grandes de ρ_0 on retrouve encore 3 ondes : pour l'onde amplifiée et l'onde atténuée, γ est donné par les racines à partie imaginaire

---

[1] W. C. HAHN, *General Electric Review*, 42, 1939, p. 258.

négative de

$$\gamma^4 = -1{,}57 \frac{\omega^4}{\rho^2 c^2} \frac{(p-1)^4}{p^2} \rho_0 \frac{e}{m} \mu_0. \tag{6}$$

Remarque. — 1° Le modèle employé a été également considéré par M. R. Wallauschek ([2]) qui en a fait une étude approximative : il suppose que la composante électrique axiale est constante pour toute la section du faisceau. Les résultats sont très analogues à ceux que je donne pour r_0 faible.

2° L'étude de l'interaction entre une onde progressive et un faisceau de même vitesse faite sur un autre modèle ([3]) conduit également à la mise en évidence de 3 ondes se propageant dans le sens du faisceau et jouissant des propriétés analogues à celles que j'indique.

OPTIQUE. — *La diffusion moléculaire de la lumière et la déformation des ions.* Note de MM. **Auguste Rousset**, **Robert Lochet** et **P. Magne**, présentée par M. Jean Cabannes.

I. Dans le spectre Raman d'un cristal de sulfate de cuivre, le nombre des raies internes de l'ion SO_4^{--} est plus élevé que dans les solutions étendues : dans la maille triclinique, sous l'action des ions et molécules voisines, les forces de covalence dans l'ion SO_4^{--} perdent la symétrie du tétraèdre régulier et la dégénérescence des oscillations doubles et triples est détruite.

Pour dénombrer et classer ces fréquences *internes*, nous avons opéré sur un monocristal de sulfate de cuivre, taillé en forme de parallélépipède rectangle, mais une arête seulement était parallèle à l'un des axes de l'ellipsoïde des indices [celui parallèle au plan de clivage (110)]. Pour les deux seules orientations différentes de ce cristal qui permettent l'étude de la polarisation, les fréquences Raman de l'ion ne paraissent que dans l'un ou l'autre des spectres I ou *i*. Comme dans le cas du gypse ([1]) on peut les classer en symétriques (S) ou antisymétriques (A) par rapport à un axe binaire confondu ici avec l'axe de l'ellipsoïde des indices : on en conclut que l'ion déformé a conservé *au moins* un axe binaire.

Notre liste des fréquences complète celle de H. Nisi ([2]); la fréquence $616 \pm 5\ \mathrm{cm}^{-1}$ est sans doute double, mais dans nos clichés ses deux composantes

---

([2]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 191.

([3]) A. Blanc-Lapierre et P. Lapostolle, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 104. Le lecteur corrigera de lui-même deux erreurs typographiques : les formules (3) sont données pour des solutions du type B $e^{j\omega t+kz}$ et non B $e^{j(\omega t+kz)}$, et il faut remplacer $-j$ par $+j$ et c par e dans l'expression relative à (O_4).

([1]) J. Cabannes, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1353; A. Rousset et R. Lochet, *J. de Physique*, 6, 1945, p. 57.

([2]) *Jap. J. Physics*, 7, 1932, pp. 3-30.

antisymétriques, paraissant à la fois dans le spectre *i*, n'ont pu être séparées [447(S), 468(A)] [610(S), 616 ± 5(A)] [984(S)] [1060(A), 1098(A), 1147(S)].

Une fois identifiées toutes les fréquences internes de l'ion SO_4^{--} et de la molécule d'eau, il faut attribuer les autres fréquences observées, en particulier 282 cm^{-1}, la plus intense des basses fréquences, et 1487 cm^{-1}, aux oscillations du réseau. Or, dans les solutions *saturées* de sulfate de cuivre, A. da Silveira ([3]) a observé également la multiplicité d'une fréquence triplement dégénérée (1058, 1110 et 1143 cm^{-1}) et les raies *externes* 279 et 1476 cm^{-1}. Ainsi dans les solutions saturées, la répartition des molécules et des ions, dont dépendent la déformation des ions et les fréquences externes, n'est pas arbitraire, la plus probable étant celle que l'on retrouve dans le cristal ([4]).

II. La déformation des ions dans les solutions concentrées doit s'observer à fortiori sur les ions complexes imparfaits, en équilibre mobile avec leurs constituants, car les forces de liaison y sont relativement plus faibles que les forces de covalence. Si l'étude des spectres de diffusion des mélanges de solutions d'halogénure de Cd et de K a confirmé la structure tétraédrique régulière des ions CdI_4^{--} et $CdBr_4^{--}$ ([5]), l'interprétation du spectre des ions complexes du mercure est plus délicate. D'une part, même avec les solutions où la formule HgX_4 (X : atome d'hologène) est la plus probable, on observe deux bandes non résolues au lieu des 4 raies séparées de l'ion tétraédrique; d'autre part le spectre change quand la concentration relative en sel mercurique augmente : la bande de faible fréquence disparaît tandis que la bande de fréquence élevée est légèrement déplacée : cette dernière bande a été attribuée successivement aux ions complexes HgX_3^- et HgX_2, KX, H_2O ([6]).

Nous avons retrouvé cette bande unique en 171 cm^{-1} avec une solution concentrée de bromomercurate de baryum (100^g de $BaBr_2$, 2 H_2O et 160^g de $HgBr_2$ dans 100^g d'eau). La raie Raman 205 cm^{-1}, caractéristique de la molécule $HgBr_2$ ne paraissant pas et les nombres des molécules $HgBr_2$ et $BaBr_2$ étant sensiblement égaux, c'est la formule $HgBr_4$ qui convient pour l'ion complexe ([7]). L'effet Cabannes-Daure est intense : cet ion complexe n'a donc

([3]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 652.

([4]) L'absorption des sels d'europium en solution révèle une ébauche de structure réticulaire au sein du liquide (S. Freed et S. I. Weissman, *J. Chem. Phys.*, 8, 1940, p. 840).

([5]) M^{lle} M.-L. Delwaulle, MM. F. François et J. Wiemann, *Comptes rendus*, 208, 1939, pp. 184 et 1818.

([6]) M^{lle} M.-L. Delwaulle, MM. F. François et J. Wiemann, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1108; 207, 1938, p. 340.

([7]) Nos mesures d'absorption ultraviolette sur les mélanges de solutions *équimoléculaires très étendues* n'ont révélé qu'un seul complexe imparfait de formule $HgBr_4$, quelle que soit la richesse en bromure mercurique (A. Rousset et P. Magne, *Soc. Fr. Physique*, Bordeaux, 21 novembre 1946).

plus l'isotropie du tétraèdre régulier. Supposons-le écrasé suivant un de ses axes binaires et envisageons le cas extrême d'un ion plan. Les fréquences internes actives se retrouvent alors dans deux raies : une raie de déformation des valences (Bg) de faible fréquence et de faible intensité (non observée) et une raie due à la superposition d'une oscillation symétrique (Ag) et antisymétrique (Bg) par rapport à l'axe quaternaire, dont les fréquences sont égales : nous l'identifions avec la bande en 171 cm^{-1}.

L'hypothèse d'une déformation de l'ion tétraédrique $HgBr_4^{--}$ rend compte du spectre de diffusion de notre solution concentrée. Ce spectre étant identique à celui des mélanges riches en sel mercurique, concentrés ou non ([3]), on en déduit que la fixation d'une molécule HgX_2 sur les ions tétraédriques HgX_4 ne se traduit, au point de vue de la diffusion moléculaire, que par un aplatissement de l'ion.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Énergies et fréquences des phénomènes de tripartition et quadripartition de l'uranium.* Note de M. **Tsien San-Tsiang**, Mme **Ho Zah-Wei**, MM. **Raymond Chastel** et **Léopold Vigneron**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Après la publication des preuves expérimentales des nouveaux modes de la fission de l'uranium, tripartition ([1]) et quadripartition ([2]), observées dans l'émulsion photographique soumise à l'action des neutrons lents, nous avons poursuivi des recherches avec les plaques *Ilford nuclear research* C_2, en vue de préciser les masses et les énergies des fragments et de comparer la fréquence de ces phénomènes à celle de la fission habituelle (bipartition).

Tripartition. — Nous avons jusqu'ici observé environ une vingtaine de cas de tripartition. Ceux dont les trajectoires sont entièrement contenues dans la gélatine sont donnés dans le tableau suivant. M_1 est la masse du fragment emportant la plus grande quantité de mouvement, M_2 celle du deuxième fragment lourd et M_3 celle du fragment léger; leurs parcours en équivalent d'air et leurs énergies sont respectivement R_1, R_2 R_3 et E_1, E_2, E_3. θ_2 et θ_3 sont les angles que font les trajectoires M_2 et M_3 avec le prolongement de la trajectoire M_1.

Étant données les incertitudes des relations *vitesse-parcours* pour les ions lourds et les erreurs expérimentales, la précision sur M_1, M_2 et ΣE est de l'ordre de 10 %. M_3 dépend essentiellement de l'angle θ_2 et de l'impulsion emportée par les neutrons émis au moment de la fission (s'il y a lieu). Comme le

([1]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 986.

([2]) Ho Zah-Wei, Tsien San-Tsiang, L. Vigneron et R. Chastel, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1119. Dans le tableau de cet article, les chiffres sous les colonnes M_3 et M_4 doivent être échangés, ainsi que ceux qui sont sous les colonnes E_3 et E_4.

second facteur est inconnu, nous donnons seulement l'erreur sur M_3 introduite par les mesures de θ_2 ($\pm 1°$).

	M_1.	R_1 (cm).	M_2.	R_2 (cm).	M_3.	R_3 (cm).	E_1 (MeV).	E_2 (MeV).	E_3 (MeV).	ΣE (MeV).	θ_2 (deg.).	θ_3 (deg.).
A.....	114	2,1	118	2,0	4±2	18	73	66	15	154	4	71
B.....	135	2,0	97	2,5	4±1	21	72	97	15	184	5	81
C....	132	1,7	99	2,0	5±1	25	49	60	21	130	7	72
D....	121	1,9	110	2,0	5±1	24	62	64	21	147	7	79
E.....	138	1,9	93	2,5	5±3	(1,3)	65	95	3	163	1,5	75
F.....	117	2,25	114	2,25	5±1	28	88	85	21	194	6	76
G....	134	2,1	97	2,6	5±1	25	78	109	21	208	5,5	76
H....	134	1,7	96	2,1	6±2	(2,5)	49	66	6	121	4	80
I.....	146	1,5	84	2,2	6±1	19	38	66	21	125	9	85
J.....	150	1,85	80	2,85	6±2	(3,0)	63	113	7	183	4	78
K....	110	2,25	120	2,05	6±1	44	84	71	34	188	9	73
L.....	150	1,9	78	3,0	7±3	(1,9)	67	124	5	196	3	62
M....	106	1,8	121	1,6	9±2	24	50	40	37	127	15	72
N....	123	2,1	104	2,35	9±2	17	76	88	30	194	10	75

Dans l'ensemble $\theta_2 + \theta_3$ est d'environ 90° et R_3 est assez long; ses valeurs les plus fréquentes sont voisines de 20^{cm}. M_1 et M_2 suivent à peu près le rapport des fragments de la bipartition et M_3 semble avoir les valeurs probables de 5 et 9. La valeur moyenne de l'énergie cinétique totale (165 MeV) est d'environ 15 MeV supérieure à celle de la bipartition et est en bon accord avec les prévisions théoriques ([3]), ([4]). *Le rapport de la fréquence de la tripartition à celle de la bipartition est* 0,003 ± 0,001.

Des expériences ont été faites pour détecter si le fragment léger de long parcours est radioactif. Les résultats semblent être négatifs; toutefois il n'est pas impossible qu'il soit radioactif avec une période très courte ou très longue.

Quadripartition. — Jusqu'à maintenant nous avons observé deux cas certains de quadripartitions, dont un a été déjà publié en détail ([2]). Dans le deuxième cas, les quatre trajectoires ne sont pas dans un même plan, trois des fragments sont lourds et un est léger. La moyenne de l'énergie cinétique totale de ces deux cas est d'environ 110 MeV, soit inférieure de 40 MeV à celle de la bipartition, ce qui est en bon accord avec la valeur estimée par Bohr et Wheeler ([3]).

Le rapport de la fréquence de la quadripartition à celle de la bipartition est 0,0003 ± 0,0002.

([3]) N. Bohr et J. A. Wheeler, *Phys. Rev.* 56, 1939, p. 426.
([4]) R. D. Present, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 466.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude comparée conductimétrique et thermique des sels mixtes dérivés des halogénures de plomb.* Note (¹) de M^lle **Irène Delgery**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons précédemment étudié la formation par voie thermique des sels mixtes des chlorure, bromure et iodure de plomb (²).

Nous avons cherché à déceler la présence de ces composés en solution dans l'eau. Pour cela, nous avons étudié les variations de conductivité présentées par des solutions de concentration constante en plomb, mais dont les proportions de l'anion varient régulièrement (courbe 1). Les halogénures de plomb

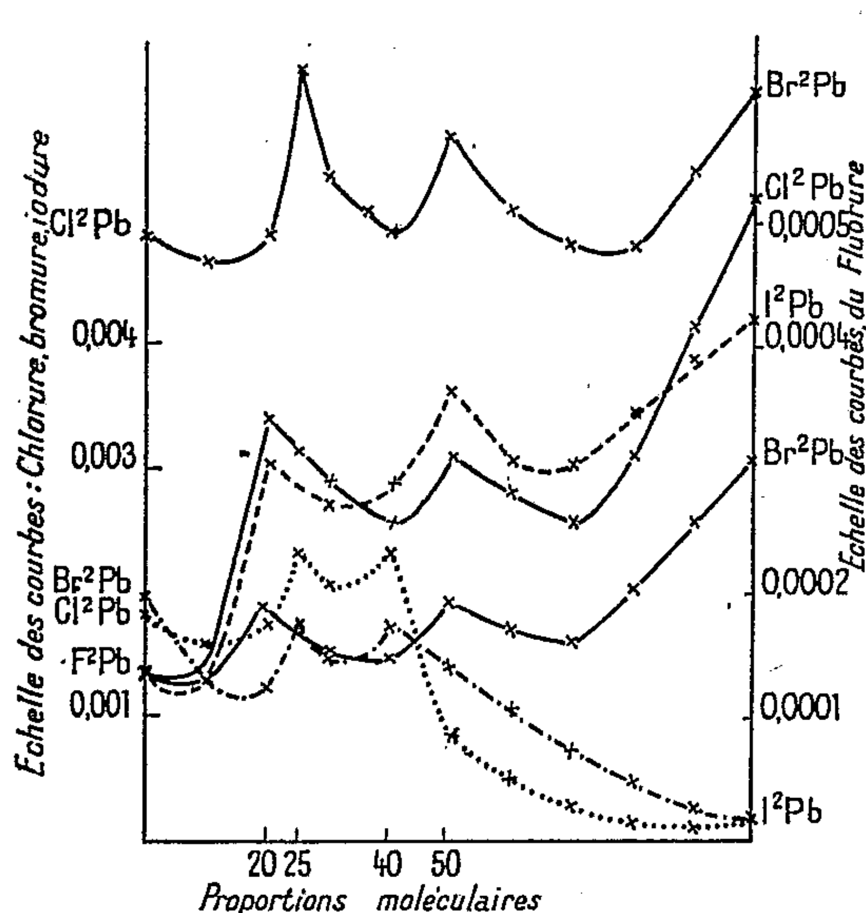


Fig. 1.

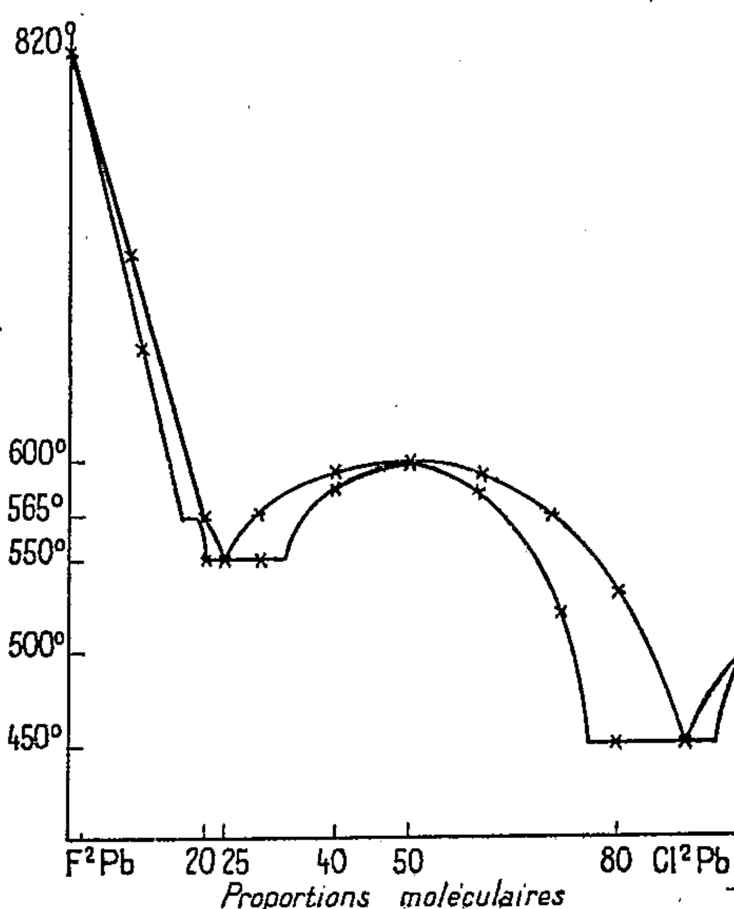


Fig. 2.

étant très peu solubles, nous avons dû prendre des solutions très diluées :

0,0245 mol par litre pour les mélanges de chloro-bromure;

0,0084 » » de chloro-iodure et bromo-iodure;

0,0026 » pour les composés de fluorure.

Malgré la dilution, les résultats obtenus sont très nets. Les courbes présentent des maxima très accusés aux points correspondant à des composés définis. Il y a correspondance parfaite entre les sels mixtes obtenu par fusion et les composés définis décelés en solution. En particulier, les sels qui se décomposent avant fusion existent à l'état stable en solution. (Exemple : $3Cl_2Pb$, Br_2Pb, impossible à préparer par fusion). *A priori*, opérant à une

(¹) Séance du 13 janvier 1947.

(²) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 886; **223**, 1946, p. 401.

température plus basse, nous pourrions obtenir plus de composés que n'en donne le diagramme thermique. Nous voyons qu'il n'en est rien, si nous acceptons le cas précédemment cité. En particulier, la série des bromo-iodures signalés par Thorpes (3) et Mlle Field (4) déjà invisibles à l'état fondu le sont encore en solution. Il est donc très probable qu'ils n'existent pas et que seuls $3Br_2Pb, I_2Pb$ et $3Br_2Pb, 2I_2Pb$ soient des composés définis.

Les composés formés en solution et par fusion étant les mêmes, la conductimétrie permettrait de prévoir la forme des diagrammes de l'analyse thermique et d'attirer l'attention sur des régions intéressantes. Un composé défini fondant sans décomposition est, en général, nettement indiqué par l'analyse thermique; il n'en est pas toujours de même d'un point péritectique, surtout lorsque le palier est étroit. Par contre, l'analyse conductimétrique, si ces résultats sont généralisables, les indiquerait à coup sûr. Nous l'avons déjà vérifié dans le diagramme fluorure-chlorure (courbe 2). Nous observons un point péritectique à 565° pour 80 % de fluorure, voisin d'un eutectique fondant à 525° et correspondant à 75 % de fluorure; mais ce point serait sans doute passé inaperçu à cause de la faible étendue du palier eutectique et nous ne l'avons véritablement mis en évidence que parce l'étude conductimétrique de la solution nous a révélé l'existence du sel $F_2Pb.Cl_2Pb$.

D'autre part, nous avons remarqué après coup, par conductimétrie, l'existence du composé $3Cl_2Pb, I_2Pb$ que nous n'avions pas signalé sur le diagramme thermique (2). Mais ce sel se décompose avant fusion et le léger arrêt péritectique était passé inaperçu. Les courbes de conductibilité nous ont donc permis de prouver l'existence des sels mixtes obtenus par fusion, de préciser les diagrammes fournis par l'analyse thermique, et d'en prévoir la forme. Les deux méthodes se confirment et se complètent et nous nous proposons de voir jusqu'à quel point cette remarque est généralisable.

Les sels mixtes de plomb (dont nous remarquerons la symétrie des formules) sont donc les suivants :

Fluo-chlorures......	FClPb			$4F_2Pb, Cl_2Pb$
Fluo-bromures......	FBrPb			$4F_2Pb, Br_2Pb$
Fluo-iodures	FIPb			$4F_2Pb, I_2Pb$
Chloro-bromures ...	ClBrPb		$3Cl_2Pb, Br_2Pb$	
Chloro-iodures		$3Cl_2Pb, 2I_2Pb$	$3Cl_2Pb, I_2Pb$	
Bromo-iodures......		$3Br_2Pb, 2I_2Pb$	$3Br_2Pb, I_2Pb$	

(3) *Am. Ch. Journal*, 10, 1888, p. 232.
(4) *Chemical News*, 62, 1893, p. 157.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des ultrasons sur les propriétés des corps simples et des corps composés.* Note de MM. **Pierre Mastagli** et **André-Paul Mahoux**, présentée par M. Pierre Lejay.

En se propageant dans les corps, en particulier, dans les liquides, les ultrasons déterminent dans ceux-ci une série de phénomènes qui peuvent modifier profondément les équilibres chimiques et physiques.

Les manifestations de lumières internes observées dans certains liquides sous l'effet des ultrasons ([1]), les élévations de température du milieu ([2]) et les effets de pression de radiation et de gradient ressortissent de la physique, mais s'accompagnent, suivant les cas, de modifications notables des propriétés chimiques instantanées des corps touchés.

Les effets les plus faciles à mettre en lumière sont dans l'eau contenant de l'oxygène, la formation d'eau oxygénée (H_2O_2) et en présence d'azote, d'acide nitreux et nitrique ([3]).

Agissant sur une certaine quantité de peroxyde d'azote, les ultrasons paraissent condenser une partie de ce corps qui répond alors à la formule N_2O_4. Mais cette réaction semble s'équilibrer et il peut y avoir co-existence dans le même ballon d'un mélange de NO_2 et de N_2O_4 ce dernier se dépolymérisant dès que l'action cesse, ce qui se traduit par une élévation de la pression dans le ballon.

Soumis à l'ultrason, certains corps organiques se dépolymérisent. On attribue généralement ce phénomène à l'absorption des ultrasons par les grosses molécules qui déterminent à l'intérieur de ces dernières une élévation de température pouvant entraîner la rupture de certaines liaisons : ceci est l'hypothèse classique.

Nous pensons que le mode d'action des ultrasons est tout autre, nous basant sur les travaux de MM. A. et R. Kling ([4]) et d'autres chercheurs, nous croyons pouvoir dire qu'agissant sur de grosses molécules, l'ultrason provoque dans celles-ci des phénomènes électriques pouvant modifier la répartition des charges internes d'où il pourrait s'ensuivre des ruptures d'équilibre chimique provoquant de profondes modifications de la stéréochimie des molécules touchées.

Ceci permet d'imaginer que dans le cas de corps comportant des doubles liaisons, si l'un des carbones est positif et l'autre négatif, il doit être possible, grâce aux ultrasons, de catalyser à volonté, sous réserve de techniques à définir,

---

([1]) A. Chambers, *Phys. Rev.*, **49**, 1936, p. 881, et N. Harvey, *J. Amer. Chem. Soc.*, **161**, 1939, p. 2392.

([2]) A. Dognon et E. H. Biancani, *Les Ultrasons*, Paris, p. 161.

([3]) H. Beuthe, *Z. Phys. Chem. Abt.*, **163**, 1933, p. 161, et F. O. Schmitt, G. H. Johnson et A. R. Olson, *J. Amer. chem. Soc.*, **51**, 1929, p. 370.

([4]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 33.

l'absorption d'hydrogène sur les liaisons carbonyles ou éthyléniques, la formation d'acide par oxydation ou d'orienter la fixation d'hydracide sur les doubles liaisons ou les triples liaisons.

L'ultrason viendrait alors en quelque sorte activer ou se substituer, selon les cas, aux catalyseurs dont il permettrait peut-être ainsi d'expliquer le fonctionnement.

Parler d'hydrogénation à la pression normale, n'est cependant ici pas tout à fait exact; on le sait, l'ultrason en se propageant détermine des pressions internes et des gradients de pression de grandeurs non négligeables; il y a donc lieu d'en tenir compte.

Jusqu'à présent les ultrasons n'ont reçu d'applications pratiques en chimie organique que dans le domaine de la dépolymérisation (destruction des amidons) qui se transforment en dextroses plus ou moins condensés.

Nous pensons utiliser les propriétés des ultrasons, et spécialement leurs effets électriques, à l'activation de certaines réactions organiques.

Si l'on procède par analogie, il convient de ne pas oublier que si les ultrasons déterminent la formation spontanée d'eau oxygénée, c'est qu'ils provoquent l'activation de l'oxygène, de même qu'ils activent l'azote pour aboutir aux acides nitreux et nitriques. D'autres activations ont été remarquées, celle de l'hydrogène, qui dans certains cas, se transformerait en deutérium. Il a en effet été question de traces d'eau lourde, dans les bains liquides soumis à l'ultrason.

Il semble que le carbone soit aussi activé; les ultrasons ont en effet permis la formation de carbure de fer à basse température ([5]).

Dans tous ces cas, on peut penser que l'ultrason agissant sur l'azote, le carbone, l'hydrogène et l'oxygène libres, ou en combinaisons, déterminent dans ceux-ci des activations probablement de nature électrique, des modifications de propriétés analogues ayant été obtenues, le plus souvent en utilisant des forces électromotrices.

On peut donc admettre qu'agissant sur des combinaisons comportant du carbone ou de l'hydrogène, il provoque des modifications profondes dans la répartition des charges intramoléculaires des ensembles organisés et prévoir ainsi des modifications de propriétés, qui pourront varier suivant le signe propre des corps étrangers mis en présence des molécules organiques en question.

Nous nous proposons d'étudier l'hypothèse ionique en chimie organique, et plus généralement, le rôle joué par les charges électriques et leurs répartitions dans les propriétés de la matière.

([5]) M. G. Mahoux, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 27.

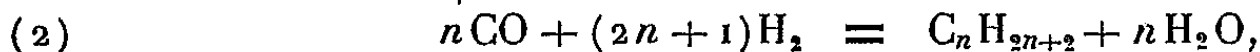
CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Sur la participation du méthane aux réactions de synthèse et de transformation d'hydrocarbures aliphatiques.* Note de MM. **Marcel Prettre, Charles Eichner** et **Marcel Perrin**, présentée par M. Paul Pascal.

Au cours de travaux antérieurs, l'un de nous ([1]) avait montré que les catalyseurs utilisés dans certaines opérations de l'industrie du pétrole provoquent *l'isomérisation* des molécules traitées et dotent ainsi les chaînes de nombreuses ramifications méthyles. Pour améliorer le rendement de l'isomérisation, il est logique de procurer au catalyseur la substance la plus apte à fournir des radicaux méthyles, c'est-à-dire d'*ajouter du méthane* aux réactifs. Cela revient à envisager la réaction de *méthylation*

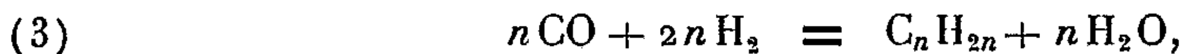
$$(1)\qquad CH_4 + C_nH_{2n} = C_{n+1}H_{2n+4},$$

qui ne peut avoir un bon rendement qu'aux fortes pressions. Pour éviter d'opérer sous pression, il faut choisir une réaction de synthèse ou de transformation d'hydrocarbures aliphatiques dont la variation standard d'énergie libre soit très négative. L'addition de méthane aux réactifs accroît cette variation, mais en limitant la dose de ce gaz, le rendement demeure bon à la pression atmosphérique.

Le procédé Fischer d'obtention d'hydrocarbures à partir du gaz de synthèse, dont les réactions sont, à la pression ordinaire vers 200°C.,

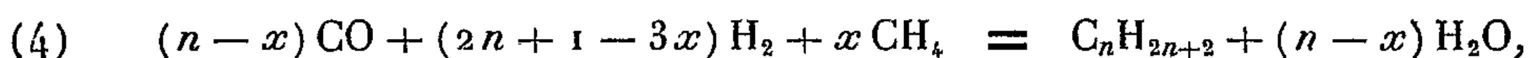


$$(2)\qquad n\,CO + (2n+1)H_2 = C_nH_{2n+2} + n\,H_2O,$$

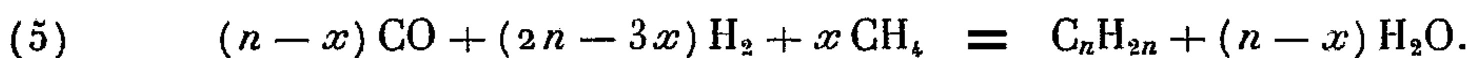


$$(3)\qquad n\,CO + 2n\,H_2 = C_nH_{2n} + n\,H_2O,$$

répond à ces exigences. Si, conformément à notre hypothèse, le méthane participe à cette synthèse, les réactions précédentes deviennent :



$$(4)\qquad (n-x)\,CO + (2n+1-3x)\,H_2 + x\,CH_4 = C_nH_{2n+2} + (n-x)\,H_2O,$$



$$(5)\qquad (n-x)\,CO + (2n-3x)\,H_2 + x\,CH_4 = C_nH_{2n} + (n-x)\,H_2O.$$

Le calcul *a priori* des variations d'énergie libre de ces réactions nous a montré que, sous la pression ordinaire vers 200°C., il est théoriquement possible de transformer, selon (4) et (5), presque autant de méthane que d'oxyde de carbone.

Les expériences ont été réalisées avec un catalyseur à base de nickel réduit sur kieselguhr, sous la pression ordinaire et à la vitesse spatiale de 100. La mesure des volumes et l'analyse des gaz avant et après catalyse suffisent à définir, pour des intervalles de temps donnés, le rapport de la quantité de méthane contenue dans les produits de réaction à celle qui est contenue dans les réactifs. Voici quelques valeurs de ce rapport :

([1]) M. Prettre, *Cahiers de Physique*, 1, 1941, p. 73.

Rapport du méthane sortant au méthane entrant.

Mélange de réactifs.	Tempér. (°C).	Périodes successives de la synthèse (heures). 0-24.	24-48.	48-72.	72-96.	96-120.	120-144.
$CO + 2H_2 + CH_4$	190	1,65	1,35	1,12	1,30	1,02	–
$CO + 2H_2 + 3CH_4$	190	1,08	1,01	1,04	1,02	0,98	0,97
$CO + 2H_2 + 3CH_4$	190	0,99	0,98	1,06	0,98	–	–
$CO + 2H_2 + 10CH_4$	190	0,94	0,97	0,97	0,95	–	–
$CO + 2H_2 + 3CH_4$	175	0,92	0,85	0,94	–	–	–

Il ressort clairement de ces résultats qu'avec tous les mélanges titrant au moins 50 % de méthane, une partie de ce gaz est consommée, tantôt dès la mise en marche de la synthèse, tantôt après un certain temps de fonctionnement. La consommation demeure faible à 190°, mais à 175° il disparaît à peu près un volume de méthane pour deux volumes d'oxyde de carbone, malgré l'excès d'hydrogène contenu dans les réactifs.

Les travaux résumés dans la présente Note démontrent donc qu'en présence de catalyseurs convenables, le méthane participe aux réactions de synthèse et de transformation des chaînes aliphatiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les critères de pureté du désoxycholate de méthyle.* Note [1] de MM. **Raymond Charonnat** et **Bernard Gauthier**, présentée par M. Marcel Délépine.

Le désoxycholate de méthyle qui cristallise plus facilement que son homologue éthylique [2] a été préconisé comme produit de synthèse et comme agent de purification de l'acide désoxycholique [3]. Les auteurs se contentent le plus souvent de produits techniques et l'on ne trouve dans la littérature que peu de détails sur les caractères de pureté de l'acide utilisé au départ; les constantes de l'ester obtenu diffèrent notablement suivant les mémoires.

Pour Vila [4], le désoxycholate de méthyle fond à 76-78°. Borsche [5] [2] précise que l'ester brut contient encore du cholate de méthyle mais peut être purifié par cristallisation dans CH_3OH; les cristaux purs se ramollisent à 82° et fondent à 92-93°; après dessiccation sous vide à 100°, ils fondent à 110° après ramollissement, et l'analyse montre qu'ils contiennent encore 1/2 molécule de solvant par molécule. Dane et Brady [6] confirment les résultats précédents (ramollissement à partir de 80°, fusion nette à 95-97°). Selon

(1) Séance du 6 janvier 1947.
(2) W. Borsche et A. Schwarz, *Ber.*, 60, 1927, p. 1846.
(3) T. Reichstein et M. Sorkin, *Helv. chim. Acta.*, 25, 1942, p. 797.
(4) *Anales Soc. Esp. Fis. Quim.*, 21, 1923, pp. 397-400.
(5) W. Borsche et R. Frank, *Ber.*, 59, 1926, p. 1748.
(6) *Z. Physiol. Chem.*, 244, 1936, pp. 241-244.

Reichstein et coll., le F se situe entre 76° [7] et 78-80° [8] [3]. Plus récemment, cet auteur introduit comme constantes supplémentaires, le pouvoir rotatoire (pour F 80-81°, $[\alpha]_D^{23} + 55°,8 \pm 1,5$ [3]; pour F 79°; $[\alpha]_D^{16} + 54°3$, alcool à 90°) [9]. Dernièrement, Gallagher et Long [10] indiquent comme constantes du désoxycholate de méthyle cristallisé dans CH_3OH : F 97-102°. Enfin *Organic Syntheses* [11] donne la préparation d'un produit technique fondant entre 96° et 100°, tandis que McKenzie et coll. [12] utilisent des cristaux de F 72-78° et 82-88°.

Ces variations dans les constantes du désoxycholate de méthyle sont l'indice d'une pureté insuffisante compliquée par la présence de solvants de cristallisation. Il nous a donc paru intéressant de chercher à améliorer le degré de pureté et à préciser les constantes de cet ester, en partant soit d'acide technique, soit de l'acide pur défini précédemment [13].

1° L'acide technique utilisé, de constantes analogues à celles de la littérature (F 173°; $[\alpha]_D^{25} + 55°,7$), contenait encore 14 % d'acide cholique et 3 % de CH_3COOH [13].

L'ester a été préparé suivant la méthode préconisée par Reichstein, qui nous a semblé la plus commode. L'évaporation lente d'une solution méthylique ou éthérée de produit brut donne, avec de mauvais rendements, des cristaux de désoxycholate de méthyle qu'il est ensuite difficile de cristalliser sans grandes pertes, dans l'acétone, le méthanol ou l'éther. Le F des cristaux obtenus est analogue à celui donné par les auteurs précédents (F 76-78°); le pouvoir rotatoire est très bas $[\alpha]_D^{17,5} + 44°,7 \pm 0,5$). En effet, cet ester retient une forte proportion de cholate de méthyle identifié par la réaction phospho-vanillique. Il ne nous a donc pas été possible d'améliorer les constantes du désoxycholate de méthyle en partant d'un acide technique.

2° Par contre, la purification de l'ester est très simple en partant de notre acide pur (F 188-189°) [12]. 10^g de cet acide, en suspension dans 20^{cm^3} de méthanol absolu, sont traités par le diazométhane en solution éthérée. Par évaporation lente de la solution, on recueille 9^g de cristaux encore impurs, qui, après séchage de 12 heures, sous vide poussé, se ramollissent à 75° et fondent complètement à 88-89°. Ils sont recristallisés facilement, par deux fois, presque sans pertes, dans 15^{cm^3} de CH_3OH pur. L'ester retient du solvant qui n'est pas éliminé par séchage de 12 heures sous haut vide. Le point de fusion devient

(7) I. Barnett et T. Reichstein, *Helv. chim. Acta*, 21, 1938, p. 926.

(8) H. Reich et T. Reichsteen, *Helv. chim. Acta*, 26, 1943, p. 584.

(9) B. Koechlin et T. Reichstein, *Helv. chim. Acta*, 25, 1942, p. 919.

(10) T. F. Callagher et W. P. Long, *U. S. P.*, 2397656 du 2 avril 1946.

(11) *Organic Synthèses*, New-York, 24, 1944, p. 41.

(12) B. F. McKenzie, W. F. McGuckin et E. C. Kendall, *Journ. Biol. Chem.*, 162, 1946, p. 558.

(13) R. Charonnat et B. Gauthier, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1009.

très net. Après ramollissement à 80°, le produit fond à 88° ; $[\alpha]_D^{23} + 46°,96 \pm 0°,5$ (méthanol). Nous avons cherché à savoir si l'emploi d'autres solvants, en particulier de solvants anhydres, modifierait ces critères. Le désoxycholate de méthyle a donc été cristallisé successivement dans l'acétone, le benzène et la butanone anhydres. Bien que les solubilités dans ces solvants soient très fortes, la cristallisation à la glacière a été presque intégrale. Dans tous les cas, l'ester obtenu, après séchage sous vide, se ramollit à 100° et fond définitivement à 105-106°. Une dernière cristallisation dans un mélange d'oxyde d'éthyle et d'éther de pétrole anhydres ne change pas les constantes.

Après toutes ces purifications, nous avons recueilli finalement 8^g de désoxycholate de méthyle sec, de constantes : F 105-106°; $[\alpha]_D^{20,5} + 48°,09 \pm 0°,5$ (butanone); $\alpha = +1°$; $c = 1,0396$; $l = 2^{dm}$. Analyse de l'ester cristallisé dans CH_3OH : tr. C % 71, 35 et 71,60; H % 10,50 et 10,15; cal. pour $C_{25}H_{42}O_4$, CH_3OH : C % 71, 23, H % 10,50.

Le désoxycholate de méthyle peut donc être préparé facilement à un degré de pureté non encore atteint jusqu'ici à partir de l'acide désoxycholique pur. Le pouvoir rotatoire trouvé est notablement inférieur à celui admis par les auteurs cités, mais correspond exactement avec celui de l'acide désoxycholique pur. Dans le cas de l'ester cristallisé dans le méthanol, la diminution du pouvoir rotatoire est liée à la quantité de solvant fixée par la molécule.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation de la cyclohexylidène-cyclohexanone par le nickel de Raney*. Note (1) de MM. **Henry Gault** et **Guy Masson**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note récente (2) R. Heilmann et L. Beregi ont publié les résultats de leurs recherches sur l'hydrogénation, en présence de nickel de Raney, de cétones β-éthyléniques acycliques.

Nous sommes ainsi amenés à décrire, à notre tour, les essais d'hydrogénation auxquels nous avons soumis, en présence de ce même catalyseur, une cétone β-éthylénique alicyclique, la cyclohexylidène-cyclohexanone.

G. Vavon, Anziani et Herynk (3) ont antérieurement signalé l'emploi du noir de platine, comme catalyseur d'hydrogénation de cette cyclénone, en cyclanol correspondant, et plus récemment Howards, J. W. Blagden et G. Clarck (4) ont mentionné l'emploi du nickel.

Nous nous sommes proposé nous-mêmes de rechercher s'il était possible de déterminer des conditions expérimentales susceptibles de rendre l'hydrogénation sélective, c'est-à-dire de l'orienter vers la production de l'un ou l'autre

(1) Séance du 20 janvier 1947.
(2) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 904.
(3) *Bull. Soc. Chim.*, **39**, 1926, p. 1138.
(4) Brev. angl., n° 397883; 1933.

des termes possibles de la réaction, en fait, surtout, de la cyclohexyl-cyclohexanone. Nous avons ainsi étudié l'influence des facteurs suivants : température, pression, activité du catalyseur, nature du solvant sur la composition des mélanges de cyclohexylidène-cyclohexanone, de cyclohexyl-cyclohexanone et de cyclohexyl-cyclohexanols (*cis* et *trans*) obtenus par hydrogénation.

Ces recherches exigeant une méthode de diagnose aussi sûre que possible, nous nous sommes arrêtés, après de multiples essais, à la technique suivante :

Le taux de cyclanol est calculé par différence entre le poids total du mélange mis en œuvre et le poids total des cétones, dosées par oximation en les assimilant à une seule et même cétone, puisque leurs poids moléculaires sont très voisins : 178 et 180 respectivement.

On détermine ensuite la proportion de cyclohexylidène-cyclohexanone dans le mélange de cette cétone avec la cyclohexyl-cyclohexanone, par fixation d'oxygène sur sa double liaison carbonée, les dosages par indices d'halogène ou rhodanométrie n'étant pas applicables, au moyen d'acide monoperphtalique en solution éthérée de titre connu.

Le meilleur rendement jusqu'à présent en cyclohexyl-cyclohexanone a été obtenu dans les conditions suivantes :

On prépare le nickel de Raney suivant la technique de M. Delépine et A. Horeau ([5]). Après neutralisation par quelques gouttes d'acide acétique, on le lave à l'alcool et à l'éther et on le met en suspension dans 50^{cm^3} d'éther anhydre. On ajoute à cette suspension 140^g de cétone éthylénique pure ([6]) et l'on hydrogène à l'autoclave agité, sous une pression initiale de 15^{kg}, en chauffant progressivement jusqu'à 55°.

Après une heure, on vidange l'autoclave et après séparation du nickel et évaporation totale de l'éther, le mélange est analysé suivant la technique qui vient d'être décrite. Il renferme 52 % de cyclohexyl-cyclohexanone et 48 % de cyclohexyl-cyclohexanol.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Obtention d'un nouveau dl-époxy-2.6 heptane méthylol-3, isomère ba, et de l'acide correspondant.* Note de M. **Marius Badoche**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note précédente ([1]) j'ai indiqué que l'hydrogénation de l'époxy-2.6 heptène-3 méthylal-3, $C_8H_{12}O_2$, conduisait à un mélange dont, par l'intermédiaire de son phtalate acide, put être séparé à l'état pur un alcool caractérisé comme étant certainement l'époxy-2.6 heptane méthylol-3, $C_8H_{16}O_2$, qui correspond à l'acide appelé *aa* ([2]). Toutes les tentatives pour isoler de nouveaux

---

([5]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 995.

([6]) H. Gault, L. Daltroff et M. J. Eck-Tridon, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **12**, 1945, p. 952.

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 479.

([2]) M. Delépine et M. Badoche, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 413.

phtalates solides ayant échoué, il a fallu rechercher une autre combinaison donnant des corps cristallisés séparables par cristallisation et à partir de laquelle l'alcool pouvait être régénéré à l'état pur.

L'opération a réussi en faisant réagir le chlorure de dinitro-3.5 benzoyle en solution benzénique sur l'alcool dissous dans son poids de pyridine sèche, d'abord à froid, puis au bain-marie pendand 10 minutes. Le produit réactionnel, débarrassé du benzène, est dissous dans le chloroforme, puis séparé des produits accessoires par lavages au carbonate de sodium, à l'acide sulfurique dilué et à l'eau. La solution chloroformique amenée à sec fournit un dépôt cristallin, purifiable par cristallisations dans le méthanol ou l'éther. Des cristaux les moins solubles, on sépare, à côté du dinitrobenzoate fus. à 112°, isomère *aa*, déjà décrit (1), un nouveau dinitrobenzoate avec un rendement de 9 %, F 124° (fus. inst.), lequel est moins soluble que le précédent. N % ; 8,25 ; calc. $C_{15}H_{18}O_7N_2$: 8,28.

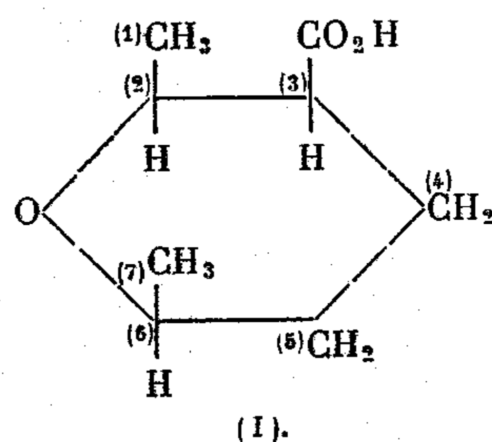
Régénération de l'alcool $C_8H_{16}O_2$. — Le dinitrobenzoate dissous dans son poids de méthanol est chauffé une heure au bain-marie avec un excès de soude. Le méthanol distillé dans le vide, l'alcool est extrait à l'éther, puis distillé; liquide visqueux, incolore Eb_2 84°; n_D^{20} 1,4621; D_4^0 1,0119; D_4^{20} 0,9966; R_M 39,76, calc. 40,11. Abandonné à l'air, l'alcool absorbe l'eau atmosphérique; en 12 jours, on a observé une augmentation de poids de 6,80 %; calculé pour $0^{mol},5$ d'eau, 5,88 %. Les analyses se rapportent à des combustions effectuées sur le produit hydraté : trouvé % C, 61,53 et 61,60; H, 10,99 et 10,89; calculé $C_8H_{16}O_2 . 0,5\,OH_2$: C, 62,68 et H, 11,19.

p.Xénylcarbamate, $C_{21}H_{25}O_3N$. — Cristallisé dans la ligroine, F 154° (fus. inst.); N %, 4, 12, valeur théorique.

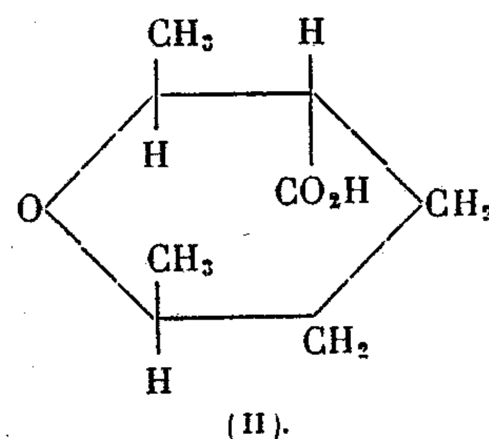
Oxydation de l'alcool. Obtention d'un acide $C_8H_{14}O_3$, F 102°. — Par oxydation de l'alcool, dans les conditions précédemment décrites (1), on récolte à côté de produits neutres, 52 % d'un acide qui, après recristallisation dans l'éther de pétrole, fond à 102°. Cet acide est peu soluble dans l'eau. P. M. 157,4 par titrage à la baryte, calc. 158,1; C % 60,79, H % 8,18, théorie : 60,71 et 8,92.

Amide de l'acide $C_8H_{15}O_2N$. — L'acide F 102° fournit un amide F 189° (fus. inst.) après recristallisation dans le benzène.

De par ses analyses, le nouvel acide correspond à un isomère, non décrit, de l'acide époxy-2.6 heptane carboxylique-3. Sa structure ne doit différer de celles des isomères déjà connus, acides *aa* et *ab*, que par la position des deux groupements méthyles. Ceux-ci, série *a*, sont en *trans* d'après M. Delépine et G. Amiard (3); tandis que le nouvel acide, F 102°, appartiendrait à la série *b*, avec les deux méthyles en *cis*, sans que l'on soit en mesure de fixer la position du groupement carboxylique (I ou II).



(I).



(II).

(3) *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 309.

Cet acide, en réalité, avait été entrevu à deux reprises, au cours des travaux antérieurs, mais en quantité trop faible pour être décrit. Une première fois [4], au cours de l'hydrogénation de l'époxy-2.6 heptène-2 carboxylique-3; à côté de l'acide hydrogéné *aa*, il a été isolé une petite quantité d'un autre acide caractérisé seulement par son amide, lequel s'est montré identique au nouvel amide F 189°. Or l'hydrogénation de cet acide heptène-2 peut conduire aussi bien à des acides *a*, qu'à des acides *b*. Une deuxième fois, au cours de travaux déjà anciens sur les acides hydrogénés de l'époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3. De la préparation d'anilides, à partir d'acides liquides, j'avais retiré un peu d'un anilide, $C_{14}H_{19}O_2N$, F 106°; celui-ci, saponifié par la potasse dans le pentanol à 180°, avait fourni deux acides, dont l'un s'est révélé identique à l'acide F 102°.

En définitive, l'acide *ba*, F 102° (I ou II), obtenu précédemment à l'état de traces, peut désormais se préparer à partir de l'alcool *ba* qui vient d'être décrit. Quant à la formation de cet alcool lui-même, elle peut s'expliquer par la présence dans l'aldéhyde éthylénique de ses deux formes isomères *a* et *b*, mais avec forte prédominance de la forme *a*, puisque ce sont surtout ses dérivés que l'on a isolés au début. Si, dans le cas présent, un dérivé de *b* a été isolé, en l'occurrence l'alcool *ba*, on le doit principalement à la moindre solubilité de son dinitrobenzoate. A côté de cette hypothèse, on peut aussi considérer l'aldéhyde éthylénique comme ne contenant que la forme *a*; mais sous l'influence du catalyseur, une isomérisation se produirait par migration de la double liaison, analogue à celle constatée par M. Delépine et A. Horeau sur l'acide heptène-3, avec passage à l'heptène-2. La présence même momentanée d'un époxy-2.6 heptène-2 méthylal-3 ou méthylol-3, subséquemment hydrogéné, peut conduire à des corps des séries *a* et *b*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des organo-magnésiens sur la chloro-2 méthyl-2 pentanone-4*. Note de MM. **Georges Richard** et **Marcel Mirjollet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Si l'on fait agir une molécule de bromure de phényl-magnésium sur une demi-molécule de chloro-2 méthyl-2 pentanone-4 [1] $(CH_3)_2.CCl.CH_2.CO.CH_3$ (dont la préparation et la stabilité ont fait l'objet d'une Note antérieure), maintenue à une température inférieure à 0°, on obtient, après destruction de la combinaison organo-magnésienne par une solution glacée de chlorure d'ammonium :

a. Une substance solide qui, recristallisée dans l'éther de pétrole, fond

---

[4] M. Badoche, *Annales de Chimie*, 11e série, 19, 1944, p. 413.

[1] Richard, Mirjollet et Gschwind, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1007.

à 81-81°,5 et répond à la formule $C_{14}H_{14}O$ (trouvé % : C 84,37, H 7,21; calc. C 84,84, H 7,07).

C'est du diphényl-1.1 éthanol-1 (méthyl-diphényl-carbinol) : $(C_6H_5)_2C(OH)CH_3$.

La cryoscopie conduit, pour cet alcool, à une masse moléculaire de 182 au lieu de 198; mais cette anomalie est courante dans la série des alcools tertiaires et peut être due à leur déshydratation partielle. Par contre, le mélange de cet alcool avec du méthyl-diphényl-carbinol, fondant à 81° et préparé par condensation entre l'acétophénone et le bromure de phényl-magnésium ([2]), ne présente aucune dépression de son point de fusion.

b. Un liquide incolore : É 131°, $n_D^{16°}$ 1,6095; $d_{4°}^{16°}$ 1,028, de formule $C_{14}H_{12}$ (trouvé % : C 93,50, H 6,47; calc. C 93,33; H 6,66).

C'est du diphényl-1.1 éthylène (α-phényl-styrolène), $(C_6H_5)_2C=CH_2$, produit de la déshydratation normale du méthyl-diphényl-carbinol. Il en possède les constantes ([3]), s'oxyde à l'air en fournissant de l'aldéhyde formique et fixe, à froid, en présence de noir de platine, une molécule d'hydrogène pour conduire au diphényl-1.1 éthane. La proportion d'α-phényl-styrolène obtenu est d'autant plus importante que la destruction de la combinaison magnésienne qui fournit le méthyl-diphényl-carbinol s'effectue à température plus élevée; la déshydratation est presque totale si l'on opère en milieu acide.

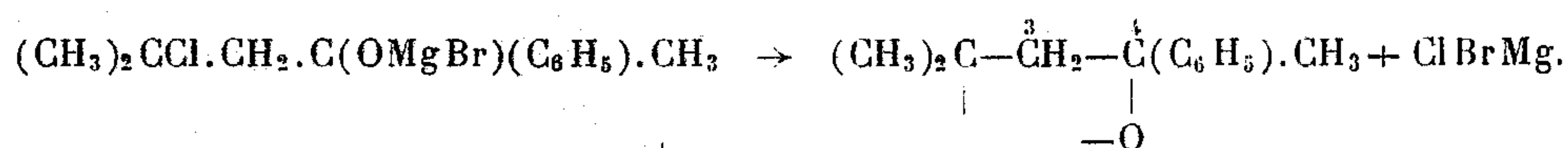
c. un gaz, c'est du méthyl-2 propène, $(CH_3)_2C=CH_2$, que nous avons isolé sous forme de combinaison mercurielle et identifié à l'aide de son dibromure qui bout à 147° sous la pression normale et dont l'indice est de 1,5115 à 15°.

Les produits obtenus dans l'action du bromure de phényl-magnésium et de la chloro-2 méthyl-2 pentanone-4 ne sont donc pas ceux qui résulteraient d'une réaction normale. On peut donner de cette condensation anormale l'interprétation suivante :

La première phase de la réaction est sans aucun doute une condensation du magnésien et de la fonction cétone

$$(CH_3)_2CCl.CH_2.CO.CH_3 + C_6H_5MgBr = (CH_3)_2CCl.CH_2.C(OMgBr)(C_6H_5).CH_3;$$

elle est alors suivie du départ d'une molécule de chloro-bromure de magnésium



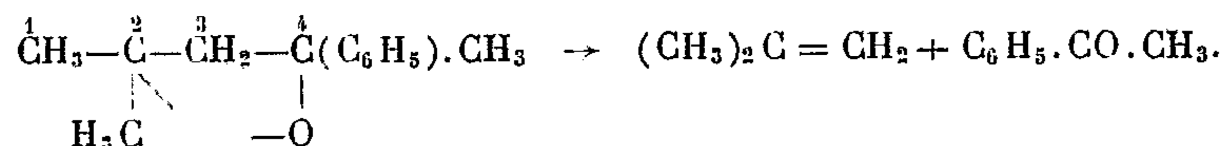
$$(CH_3)_2CCl.CH_2.C(OMgBr)(C_6H_5).CH_3 \rightarrow (CH_3)_2\overset{3}{C}(-)-CH_2-\overset{4}{C}(-O)(C_6H_5).CH_3 + ClBrMg.$$

Le radical instable ainsi engendré évolue suivant un processus assez

([2]) TIFFENEAU, *Ann. Chim. Phys.*, **10**, (8), 1907, p. 359.

([3]) KAUFFMANN, *Zeits. für Phys. Chem.*, 55, 1906, p. 557.

inattendu : il serait normal en effet de songer à la formation d'un époxyde ou à celle de la cétone qui résulterait d'une transposition analogue à celle qui suit la rupture des oxydes d'éthylène ou la déshydratation des α-glycols. Or, pour expliquer la formation des produits auxquels conduit la réaction étudiée, il nous faut admettre une rupture de la molécule entre les carbones 3 et 4, rupture qui fait apparaître sur ces carbones des liaisons libres du radical instable invoqué précédemment



On obtient donc du méthyl-2 propène et de la méthyl-phényl-cétone. Celle-ci réagit sur un excès de magnésien et conduit normalement au diphényl-1.1 éthanol dont la déshydratation fournit le diphényl-1.1 éthylène.

La coupure de la chloro-2 méthyl-2 pentanone-4 par les organomagnésiens est générale; elle a été réalisée également avec le bromure de méthyl-magnésium, le bromure d'éthyl-magnésium, le bromure de cyclohexyl-magnésium; dans tous les cas étudiés, on observe un dégagement gazeux de méthyl-2 propène et un alcool dont la formation est analogue à celle du diphényl-1.1 éthanol et qui répond à la formule générale $(R)_2C(OH).CH_3$, où R est le radical de l'organomagnésien utilisé.

Toutes ces réactions montrent que, dans un radical instable où les liaisons libres ne sont pas localisées sur deux carbones voisins, la saturation ultérieure de ces liaisons ne se fait pas toujours par un mécanisme analogue à celui que l'on invoque dans la classique isomérisation des oxydes d'éthylène ou la déshydratation des α-glycols, mais peut faire intervenir un mécanisme qui nécessite la rupture de la molécule.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Amination par le formamide et par ses dérivés de substitution.* Note de MM. **Jean Dœuvre** et **Jean Poizat**, présentée par M. Marcel Delépine.

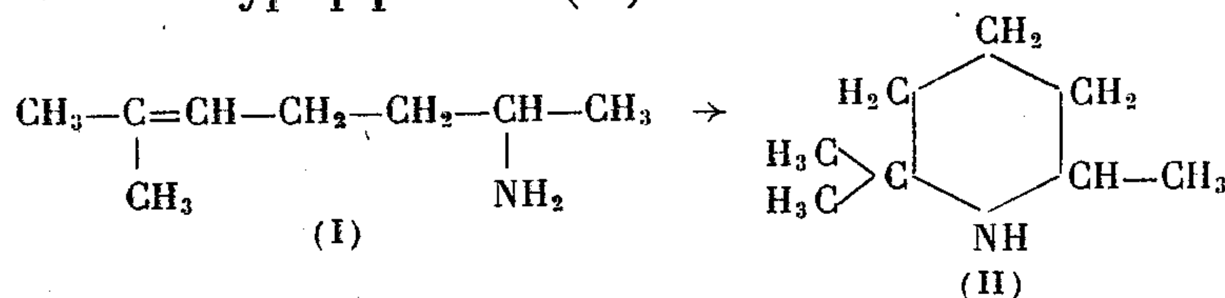
Le formamide a servi à plusieurs reprises pour transformer une cétone en amine ([1]), ([2]), ([3]) : nous l'avons utilisé à l'égard d'une cétone non saturée, la méthylhepténone naturelle $(CH_3)_2C{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CO{-}CH_3$; les corps de ce type possédant la tendance à se cycliser, on pouvait penser qu'une

([1]) Ott, *Ann. d. Chem.* 488, 1931, p. 193; *J. prak. Chem.*, 158, 1941, p. 302; Wegler, *Ber. d. chem. Ges.*, 68, 1935, p. 1057; 69, 1936, p. 2073; Mingoia, *Chem. Zentr.*, 1940, II, p. 1472; Schiedt, *J. prak. Chem.*, 157, 1941, p. 203; Ingersoll, *J. Amer. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 1808; Patrick Jr., *J. Amer. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 1135.

([2]) J. Dœuvre et J.-L. Courtois, *Bull. Soc. Chim.*, 11, 1944, p. 545.

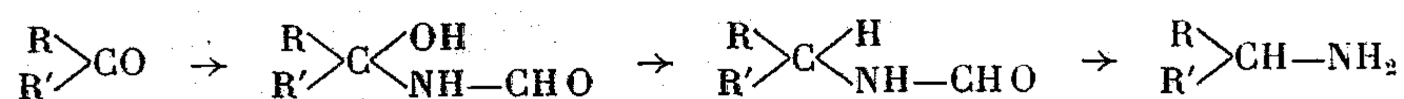
([3]) Novelli, *J. Amer. Chem. Soc.*, 61, 1939, p. 520; *Chem. Zentr.*, 1940, I, p. 3112.

amine non saturée en 1.4, telle que (I), aurait une certaine propension à former un dérivé du type pipéridine (II) :



Indiquons tout de suite que nous n'avons pas obtenu la cyclisation attendue, et le même empêchement apparaît avec des amines non saturées en 1.4 ayant un groupe méthylénique terminal ([4]).

On fait agir le formamide en excès (4^{mol}) sur la cétone (1^{mol}); le mécanisme de transformation nous semble être celui qui a déjà été préconisé par l'un de nous ([2]), et, pour appuyer cette manière de voir, nous avons, en outre, mis en jeu le formamide N-monométhylique ([3]) et le formamide N-diéthylique. Dans les deux premiers cas, un atome d'hydrogène amidique se fixe sur la fonction cétone pour former un composé à hydroxyle tertiaire qui sera réduit par l'amide en excès; d'où un dérivé formylé d'amine qui par hydrolyse engendre une amine



Le formamide N-diéthylique qui n'a plus d'hydrogène amidique ne fournit pas de dérivé formylé, mais conduit directement à une amine tertiaire $(CH_3)_2C{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH(CH_3){-}N(C_2H_5)_2$; à la température de la réaction le formamide disubstitué se décompose progressivement en oxyde de carbone et diéthylamine; cette dernière amine est susceptible de réagir avec la cétone pour engendrer un amino-alcool $>C(OH){-}N(C_2H_5)_2$, qui serait réduit par l'amide en excès pour aboutir à l'amine tertiaire.

Les dérivés formylés ont été effectivement isolés; leur saponification par un alcali conduit à une amine non saturée du type I; mais leur hydrolyse par l'acide chlorhydrique concentré est accompagnée de la fixation d'une molécule d'eau sur la liaison éthylénique pour fournir un amino-alcool du type $(CH_3)_2C(OH){-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH(NH_2){-}CH_3$, qui se montre très stable à l'égard des déshydratants.

En résumé cette méthode permet d'obtenir des amines non saturées, et des amino-alcools dont l'intérêt pharmacodynamique semble être à retenir.

Partie expérimentale. — *a.* Avec le formamide la réaction dure quatre heures vers 180°, et fournit le méthyl-6 (N-formylamino)-2 heptène-5 : liquide déjà préparé ([5]), $Éb_{12}$ 150°;

([4]) R. PAUL et COTTIN, *Bull. Soc. Chim.*, **1**, 1937, p. 933.

([5]) HELFERICH et DOMMER, *Ber. d. chem. Gesell.*, 53, 1920, p. 2011.

d_4^{10} 0,915; n_C^{10} 1,4684; n_D^{10} 1,4716; n_F^{10} 1,4558; par ébullition avec de l'acide chlorhydrique il forme le chlorhydrate du méthyl-6 amino-2 heptanol-6, F 150°.

L'hydrolyse du dérivé formylé par l'acide chlorhydrique concentré à l'ébullition (1^h) engendre, après addition de soude, le méthyl-6 amino-2 heptanol-6 (rendement 35 % à partir de la cétone) : liquide sirupeux, basique, soluble dans l'eau : $Éb_{13}$ 110°; d_4^{14} 0,908; n_C^{14} 1,4568; n_D^{14} 1,4598; n_F^{14} 1,4651; viscosité η_{19} 0,952 c. g. s.; tension superficielle γ_{19} 32,3 dynes/cm, d'où parachor observé 383; calculé 389. Chlorhydrate F 150°.

b. Le formamide N-monométhylique exige une durée de chauffage de 20 heures à 180°; le dérivé formylé et l'amino-alcool qui en résultent ont fait l'objet d'une publication dans un autre périodique (6).

c. Le formamide N-diéthylique (4 mol.), chauffé vers 180°, durant 24 heures, avec la cétone (1 mol.) conduit directement (rendement 35 %) au méthyl-6 N-diéthylamino-2 heptène-5, liquide d'odeur ammoniacale, E_{15} 93°; d_4^{15} 0,811; n_C^{15} 1,4463; n_D^{15} 1,4500; n_F^{15} 1,4559. Cette même amine tertiaire a été obtenue, en outre, à partir du bromo-2 méthyl-6 heptène-5 (7), chauffé avec de la diéthylamine.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nature du lait végétal de Soja et précautions à prendre dans son emploi.* Note (1) de M. **Kuo-Chun Chin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le lait de Soja, comme le soja viande végétale (2), est un extrait de la graine de soja et a été réalisé par le philosophe chinois Whai-Nan-Tze, bien avant l'ère chrétienne. La fabrication a été décrite par Champion (1885), Li Yu-Ying (1905), Miller (1941), Mildred Lager (1946) etc. A partir de 1888, bien des auteurs: Balland, Cazalis, Dujardin-Baumetz, Graux, Labbé, Lecerf, Maurel et autres partisans du végétarisme, jusqu'à ceux récents (1930-1946) Dr. Dresses, Donela et Yen (1933) et autres, ont recommandé l'utilisation des farines ou du lait de soja dans l'alimentation des nourrissons; nous préciserons quelques points auxquels on n'a pas apporté assez d'attention jusqu'ici.

Les graines broyées avec l'eau froide de macération donnent une bouillie qui est filtrée; le filtrat, après traitement, constituera le lait végétal de soja. On chauffe jusqu'à ébullition pendant quelques minutes pour éliminer la substance amère (légumine). Ce sur quoi nous devons insister, c'est le fait que la composition chimique du soja viande végétale (fromage de soja) est très différente de celle du lait de soja.

Voici l'analyse du lait de soja, qui a été communiquée par le Laboratoire Municipal de Paris.

---

(6) J. Dœuvre et J. Poizat, *Bull. Soc. Chim.*, 1946, p. 522.

(7) J. Dœuvre, *Bull. Soc. Chim.*, 45, 1929, p. 353.

(1) Séance du 20 janvier 1947.

(2) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 62.

	En grammes par litre.
Extrait à 100°	57,9
Matières grasses	14,2
Azote total exprimé en matières protéiques ($n \times 6,25$)	28,4
Matières saccharifiables exprimées en glucose	9,1
Matières minérales	3,5
Vitamine C (acide ascorbique)	abs.
Vitamine A : la vitamine A de ce lait est complètement oxydée et par conséquent inactive.	

D'après cette analyse nous voyons qu'il y a des matières saccharifiables, $9^g,1$ par litre dans le lait de soja, tandis que dans le Fromage de soja il n'y en a pas, car le liquide non caillé qui contient des matières saccharifiables passe dans l'eau au moment de l'égouttage du Fromage. On confond souvent le Lait et le fromage de soja dont les compositions chimiques sont très différentes.

A première vue, le Lait de soja semble très proche du lait de Vache; il ne donne pas de dépôt, il apparaît fortement homogène, liquide et colloïdal, ne ressemblant pas au produit obtenu en délayant la farine de soja avec l'eau; il monte à l'ébullition et forme une pellicule solide à la surface comme dans le cas du lait animal; il a une odeur de lait de Vache et un léger goût de Haricot cru (légumine); il tourne, par l'effet des bacilles lactiques, rapidement en été.

Au point de vue composition chimique, le lait végétal et le lait de Vache sont différents. Le lait végétal est pauvre en hydrates de carbone, mais très riche en matière azotées. Tandis que le lait de Vache est très riche en hydrates de carbone et en matières grasses, mais très pauvre en matières azotées, ainsi que le montre le tableau suivant

Lait de Vache (teneur moyenne en 100^g).

Eau	86	Matières grasses	4
Matières azotées	3,5	Sels nutritifs	0,7
Hydrates de carbone	5		

D'après les études déjà faites et les travaux effectués par nous-même, nous pouvons résumer les points essentiels suivants : dans le lait de Vache, le pourcentage de matières azotées est à peu près égal à celui des matières grasses. Le pourcentage des hydrates de carbone est le plus élevé, soit 5 %.

Dans le lait de soja le pourcentage de matières azotées est le double de celui des matières grasses. Celui des sels minéraux est 8 fois moindre que celui des matières azotées et 4 fois moindre que celui des matières grasses. Le pourcentage des hydrates de carbone est moins élevé que celui des matières azotées et des matières grasses et plus élevé que celui des substances minérales. C'est un autre point qui n'a pas retenu l'attention.

De plus, la composition chimique varie avec les graines employées et le procédé d'extraction.

Voici le résultat d'une analyse donnée par Prinsen (1896) :

Substance sèche........	6,9 %	Graisse................	1,89 %
Albumine.............	3,13	Cendres...............	0,51

Dans l'usine *casio-sojaine* fondée par M. Li Yu-Ying, on a obtenu avec deux méthodes de fabrication, les résultats que voici :

	1re fabrication.	2e fabrication.
Matières azotées..................	49,511	53,272
Matières grasses..................	29,677	22,610
Matières hydrocarbonées..........	13,290	12,867
Sels minéraux....................	6,451	7,720
Perte............................	1,071	3,531
	100,00	100,00

Il apparaît donc que la composition chimique du lait de soja est très variable. Il convient de l'étalonner et d'en contrôler la composition avant de le donner aux nourrissons.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *L'arachidoside, nouvel hétéroside extrait de la graine d'Arachide* (*Arachis hypogæa* L.) Note (1) de MM. **Francis Tayeau** et **Jack Masquelier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Kryz (2) a signalé depuis longtemps que le tégument de la graine d'Arachide devait sa coloration rougeâtre à une substance soluble dans l'eau et dans l'alcool.

Il y a quelques années, l'un de nous (3) a effectué sur cette substance quelques essais préliminaires ayant permis de constater qu'il s'agissait d'un hétéroside apparenté aux phénylchromones.

Nous avons repris l'étude de cet hétéroside et nous sommes parvenus à élucider sa constitution.

Après avoir épuisé un certain poids de cuticules de graines d'Arachide à l'aide d'éther bouillant (enlèvement de l'huile), nous les avons mises en contact avec six fois leur poids d'alcool à 95°. Après filtration, nous avons soumis la solution obtenue à la distillation sous pression réduite (à une température inférieure à 60°). Nous avons obtenu ainsi un résidu (représentant environ 16 % de la drogue traitée) que nous avons épuisé par de l'éther anhydre, puis désséché dans le vide.

Le produit ainsi préparé se présente sous la forme d'une poudre amorphe rouge brunâtre. Il ne manifeste pas de propriétés réductrices, mais celles-ci apparaissent après action de l'acide chlorhydrique. L'ose qui a été libéré au

(1) Séance du 13 janvier 1947.

(2) *Chem. Centr.*, 55, 1906, p. 1625.

(3) Tayeau, in Sarthou, *Thèse doc. Univ.* (Pharmacie), Bordeaux, 1941.

cours de cette hydrolyse est le *d*-glucose (étude de son pouvoir rotatoire et de son osazone).

En vue d'étudier l'aglycone de notre hétéroside, nous avons soumis le produit à l'action de la potasse à 30 % à l'ébullition pendant un quart d'heure. Après neutralisation et addition de carbonate acide de sodium, nous avons agité la solution avec de l'éther. L'éther purifié (lavage, déshydratation, décoloration) contenait du phloroglucinol.

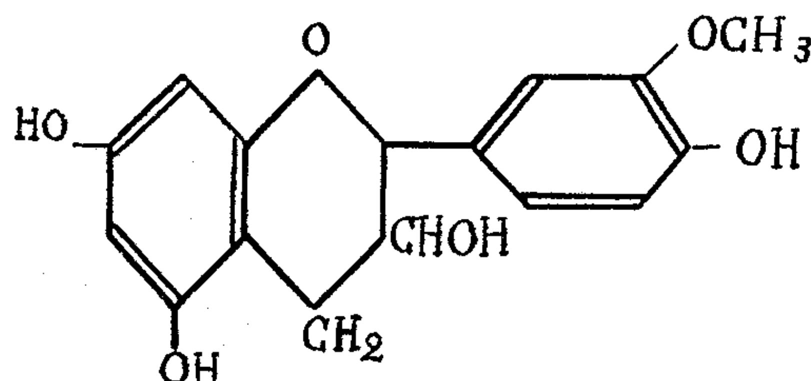
La solution aqueuse bicarbonatée fut alors additionnée d'acide chlorhydrique et épuisée de nouveau par de l'éther que l'on purifia comme précédemment et que l'on soumit à l'évaporation. Il resta un résidu constitué par de l'acide protocatéchique.

L'aglycone de l'hétéroside contenu dans la cuticule de la graine d'Arachide se scinde donc, sous l'influence des alcalis, en phloroglucinol et en acide protocatéchique. Comment assembler ces deux molécules ?

Nous basant sur les recherches classiques de Willstätter, d'Onslow et de Rabaté, nous pouvons admettre que nous avons affaire à un dérivé des flavanones.

Nous avons cherché à savoir si les groupements phénoliques de la molécule étaient libres ou méthylés. Les dosages que nous avons effectués (qui n'ont pas porté malheureusement sur des produits frais) nous permettent de supposer que l'une des fonctions phénol est méthylée.

En conséquence des résultats précédemment exposés et de l'analyse élémentaire, nous proposons pour l'aglycone la formule suivante :



Les propriétés chimiques de l'hétéroside (réaction de Stiasny, action de l'eau de brome, de l'alun de fer, etc.) et sa possible transformation en *rouge de tanin* ou en anthocyanoside suivant les cas, nous permettent de conclure que nous avons affaire à un hétéroside appartenant au groupe des *tanins catéchiques*.

Nous proposons de nommer cet hétéroside *arachidoside*.

L'arachidoside se présente sous forme d'une poudre rouge brunâtre, amorphe, d'odeur caractéristique et de saveur astringente. Il est soluble dans l'eau et l'alcool et insoluble dans l'éther, ainsi que dans la plupart des solvants organiques.

Sa solution à 1 % dans l'alcool à 60° présente un spectre d'absorption en lumière ultraviolette (bande située au voisinage de 2800 Å).

GÉNÉTIQUE. — *Observations sur les hybrides polygénomiques de* Nicotiana *et leurs descendants*. Note [1] de MM. **Alexandre Fardy** et **Henri Hitier**.

Nous avons déjà signalé [2] l'obtention d'hybrides polygénomiques réunissant les génomes de 3 et 4 espèces différentes. De tels hybrides paraissent vigoureux mais hautement stériles et, par l'action de la colchicine, il nous a été impossible d'obtenir une fertilité analogue à celle des amphidiploïdes; chez les quadruples, en particulier, la stérilité est de règle en dépit d'une régularisation du jeu méiotique. Le dosage génomique chez ces derniers serait responsable des différentes formes de stérilité; stérilité gamétique, incapacité fonctionnelle à copulation, chute prématurée des fleurs ou des capsules.

Parmi les hybrides triples diploïdes, un seul nous a donné une descendance diploïde : l'hybride *Nicotiana rustica* L. (n 24) $\times$ [*N. Bigelovii* Wats (n 24) $\times$ *N. glutinosa* L. (n 12)] α [3] à $(24+24+12)2=120$ chromosomes en F_1. La descendance F_2, apparemment homogène, présente des pieds à fertilité plus grande mais dont le nombre chromosomique est diminué (111 à 118 chromosomes) par suite d'une élimination méiotique en F_1 : leur comportement méiotique est cependant plus régulier (55_{II} en F_2 contre 40 à 50_{II} en F_1) et ils forment de nombreuses capsules persistantes,

L'hybride triple diploïde $\times$ [N. *glauca* L. (n 12) $\times$ N. *Tabacum* L. (n 24)] $\alpha \times$ N. *Sanderæ* Hort. (n 9) a 90 chromosomes en F_1; en dépit d'un fort pourcentage de bon pollen, il nous a donné une descendance composée uniquement de pieds haploïdes par parthénogénèse; pollen fonctionnel d'ailleurs puisque le croisement des deux hybrides triples diploïdes *rustica* — *Bigelovii glutinosa* — *glauca* — *Tabacum* — *Sanderæ* permet d'obtenir un hybride à six génomes; les descendants haploïdes présentent des degrés de fertilité variables et certains forment même des capsules. Ces différences seraient dues à l'inégalité dans la composition chromosomique des ovules de l'hybride triple diploïde. Notons que l'hybride triple haploïde réunissant les génomes entiers des 3 parents est totalement stérile.

Nous avions signalé dans une Note précédente [2] l'obtention de l'hybride triple N. *Sanderæ* Hurt. (n 9) $\times$ [N. *glauca* L. (n 12) $\times$ N. *Langsdorffii* Weim. (n 9)] α, lequel est stérile. Le croisement réalisé dans le sens inverse nous a donné par contre un hybride triple haploïde à fertilité partielle. Rendu triple diploïde, cet hybride a une fertilité encore plus élevée. Son comportement méiotique est autosyndétique en dépit des rapports allosyndétiques de sa forme haploïde.

Nous avons réussi, d'autre part, à rendre quadruples diploïdes des hybrides

---

[1] Séance du 13 janvier 1947.

[2] *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 453.

[3] α = amphidiploïde.

quadruples haploïdes, c'est-à-dire réunissant des génomes de quatre espèces différentes :

1° [*N. suaveolens Lehm.* (*n* 16) × *N. quadrivalvis* Pursh. (*n* 24)] α × [*N. glutinosa* L. (*n* 12) × *N. glauca* L. (*n* 12)] α. L'hybride haploïde a 64 chromosomes, le diploïde 128; bien que le comportement méiotique de celui-ci soit nettement plus régulier que celui de l'haploïde et aboutisse à la formation de 40 à 80 % de bon pollen suivant les époques, on note la chute prématurée des fleurs et une stérilité complète.

2° L'hybride quadruple [*N. quadrivalvis* Pursh. (*n* 24) × *N. Tabacum* L. (*n* 24)] α × [*N. glutinosa* L. (*n* 12) × *N. glauca* L. (*n* 12)] α, stérile sous sa forme haploïde (72 chromosomes), l'est également sous sa forme diploïde (144 chromosomes) bien qu'il forme 30 à 40 % de bon pollen.

3° L'hybride quadruple diploïde [*N. glutinosa* L. (*n* 12) × *N. glauca* L. (*n* 12)] α × [*N. Tabacum* L. (*n* 24) × *N. sylvestris* Speg. et Comes (*n* 12)] α, est également stérile; malgré son comportement méiotique relativement régulier, il forme à peine 5 à 10 % de bon pollen.

Notons enfin la réalisation d'un hybride sextuple réunissant les génomes de six espèces : *N. rustica* L. (*n* 24), *N. Bigelovii* Wats. (*n* 24), *N. glutinosa* L. (*n* 12), *N. glauca* L. (*n* 12), *N. tabacum* L. (*n* 24) et *N. Sanderæ* Hort. (*n* 9) par croisement de deux formes triples diploïdes. De taille naine par suite d'une croissance extrêmement lente, cet hybride en fin de saison n'est pas encore parvenu à la floraison.

Parmi les descendants des hybrides amphidiploïdes déjà signalés ([1]), nous relevons la stabilisation de certaines formes autour d'une nouvelle formule chromosomique diminuée par rapport à celle de l'hybride initial. Tel est le cas de l'amphidiploïde *N. quadrivalvis* Pursh. (*n* 24) × *N. Tabacum* L. (*n* 24) à 96 chromosomes en F_1 qui, en F_4, a 94 chromosomes à jeu méiotique plus régulier, lequel amphidiploïde montre une vigueur et une fertilité plus élevées que les ascendants. Il en est de même de l'amphidiploïde *rustica* (*n* 24) × *Bigelovii* (*n* 24) à 96 chromosomes en F_1 qui est en voie de stabilisation autour de 87-90 chromosomes en F_4. D'autres, par contre, stabilisés d'emblée en F_1, maintiennent en F_4 leur nombre chromosomique par le jeu d'un comportement méiotique comparable à celui d'une espèce pure, par exemple, *suaveolens* (*n* 16) × *glutinosa* (*n* 12); *suaveolens* (*n* 16) × *quadrivalvis* (*n* 24); *Bigelovii* (*n* 24) × *glutinosa* (*n* 12). Certains autres se sont montrés jusqu'à présent réfractaires à une évolution progressive en dépit d'une sélection suivie que nous effectuons tous les ans par le choix comme porte-graines du pied le plus fertile, par exemple les amphidiploïdes *Sanderæ* (*n* 9) × *plumbaginifolia* (*n* 10) et *suaveolens* (*n* 16) × *plumbaginifolia* (*n* 10). Certains même sont non seule-

(1) A. Fardy et H. Hitier, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 251; H. Hitier et A. Fardy, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 120.

ment réfractaires à la stabilisation, mais ils ont tendance, l'autofécondation s'effectuant difficilement, à se croiser avec un des parents, ce qui leur fait perdre la formule amphidiploïde initiale. En particulier, dans le cas de l'amphidiploïde *glauca* (*n* 12) × *Tabacum* (*n* 24), nous avons remarqué que cette tendance est plus ou moins accusée suivant la variété de *Tabacum* utilisée dans le croisement; ainsi, avec la variété *purpurea*, l'amphidiploïde *glauca* × *Tabacum* (*purpurea*) n'a pu se maintenir à 72 chromosomes et a baissé, par recroisement avec *Tabacum*, à 61-62 chromosomes.

CHIMIE AGRICOLE. — *Analyse électrocapillaire et caractères physicochimiques du sol.* Note (¹) de M. **Wladislas Kopaczewski**, présentée par M. Albert Demolon.

L'analyse électrocapillaire que nous avons essayé d'élaborer en 1924 et appliquer depuis à l'étude d'un certain nombre de liquides biologiques colloïdaux (²), n'a pas encore servi à l'analyse des sols; elle fait l'objet de la présente Note.

Nous avons choisi trois types de sols : sable du Littoral atlantique, terre de jardin et terre rouge argileuse de Rabat (Maroc). Après dessiccation à 110°C., broyage léger, tamisage et nouvelle dessiccation à la même température jusqu'à poids constant, nous avons fait des extraits à la même température, en additionnant 20g de chacun de ces sols de 100cm³ d'eau distillée. Après refroidissement à 15°C. et filtration de ces extraits, nous avons fixé, tout d'abord, quelques caractères physicochimiques de ces liquides; ils nous ont donné à 15°C. :

	H_2O.	Sable.	Terre de jardin.	Terre rouge.
Densité	1,000	1,045	1,040	1,045
Matières sèches à 105°C. (%)	–	0,5	0,2	0,6
Viscosité spécifique	1,000	1,012	1,008	1,006
Tension superficielle (dynes/cm)	73,0	73,0	73,0	73,0
Conductibilité électr.	$40,2.10^{-5}$	7,6	8,4	12,0
pH (Bleu de Br-thymol)	6,8	7,4	7,0	6,7

Pour effectuer l'analyse électrocapillaire, nous avons choisi trois colorants peu ou point dialysables : le 1er électronégatif : nigrosine; le 2e amphotère : alizarine sulfonate de sodium et le 3e électropositif : vésuvine; leur concentration finale était dans les trois cas de 0,5 %. Le papier filtre utilisé portait la marque *pur chiffon*; on a découpé des bandelettes, larges de 1cm, en suivant les nervures du papier; les essais furent faits à 15-17°C.; il s'accompagnaient toujours d'une expérience-témoin (dispersion des colorants dans l'eau).

(¹) Séance du 20 janvier 1947.

(²) W. Kopaczewski, *Traité de Biocolloïdologie*, 1, p. 450 et 3, pp. 150-365.

Voici les résultats obtenus :

	Ascension (en cm).					
	Nigrosine		Alizarine		Vésuvine	
Sels.	H_2O.	Colorant.	H_2O.	Colorant.	H_2O.	Colorant.
H_2O...........	12,0	12,0	8,0	6,5	14,0	6,5
Sable..........	12,0	12,0	8,0	5,5	14,0	6,2
Terre de jardin..	12,0	12,0	5,5	2,5	10,5	4,5
Terre rouge.....	12,5	12,5	11,5	11,5	14,0	5,5

Nous tirerons de ces résultats les conclusions suivantes :

1° Chaque sol influence d'une manière particulière l'ascension des colorants amphotères et électropositifs.

2° Chaque sol retient à sa manière les molécules d'eau, ce qui se traduit par la hauteur d'ascension de ce solvant dans les interstices capillaires du papier-filtre.

3° La rapidité d'ascension du colorant ou du solvant est également fonction de la nature du sol.

Étant donnée la finesse de cette technique analytique et sa sensibilité (le taux de matière sèche dans nos extraits ne dépassait point 10^{-4}); elle pourrait, après l'établissement de certaines corrélations, constituer une méthode, simple et fidèle, utilisable dans l'étude des sols.

TECHNIQUE HISTOLOGIQUE. — *La détection rapide des cellules chromaffines intestinales par les complexes ammoniacaux d'argent à chaud.* Note [1] de M. **Frédéric Gluckmann**, présentée par M. Paul Portier.

M. Masson à montré en 1914 que les cellules entérochromaffines avaient ce pouvoir particulier de réduire *directement* le nitrate d'argent ammoniacal à l'état métallique, c'est-à-dire en dehors de tout mordançage préalable ou de l'action ultérieure d'un réducteur (cellules argentaffines).

La méthode qu'il a proposée pour les mettre en évidence est sans doute très élective. Mais elle a deux inconvénients assez sérieux : la lenteur de son action et son peu de précision, puisque la durée de son application peut varier, avec le même réactif, du simple au triple et plus (de 8 à 24 et même à 48 heures).

Cette imprécision est encore accentuée par les variations de la température ambiante avec les saisons, une simple différence de 10 degrés, par exemple, entre la température du laboratoire en hiver et en été pouvant modifier notablement la rapidité de la réaction, et vicier ainsi les résultats.

La technique exposée ci-dessous fait valoir la notion de l'accélération de la vitesse de réaction avec l'élévation de la température [2]. En maintenant le

(1) Séance du 20 janvier 1947.

(2) Nous avons énoncé le principe de cette méthode en 1943, dans une Note préliminaire parue dans le *Bulletin d'Histologie*, **3**, p. 63.

réactif à une température élevée et constante, d'environ 40° au-dessus de la température ambiante, on détermine un accroissement extraordinaire de la rapidité de la réduction, qui peut atteindre le coefficient 250. La durée d'application est ainsi réduite *à quelques minutes*. Cette durée et la température du réactif étant invariables, les résultats obtenus sont *rigoureusement comparables*.

La signification des cellules argentaffines a donné lieu à beaucoup de controverses. Elles ont suscité de nombreuses recherches dans ces dernières années, surtout aux États-Unis. Il est bien probable que ces éléments, qui siègent à l'intérieur des glandes des différents segments du tractus digestif, sécrètent une substance destinée à être captée par les nerfs périglandulaires, comme Masson l'avait déjà suggéré, nerfs qu'elle stimulerait directement. Il s'agirait d'une sorte de médiation chimique inversée. De nombreuses images histologiques indéniables d'endocrinie argentaffine, sur lesquelles nous reviendrons ultérieurement, semblent confirmer cette hypothèse. Tout semble indiquer que ces cellules participent au déterminisme de l'automatisme intestinal.

La nature chimique de la substance argentaffine reste obscure.

Schmidt, qui découvrit, en 1905, la chromaffinité de ces cellules, attribua à leur produit de sécrétion une identité chimique avec l'adrénaline.

En réalité, les deux substances ne sont pas identiques. Car, si elles ont un même pouvoir réducteur sur les bichromates alcalins, elles se comportent différemment vis-à-vis des complexes d'argent. L'adrénaline, dans les conditions techniques habituelles, *se dissout* dans les liquides fixateurs, de sorte qu'elle n'existe plus sur les coupes étalées sur lames, tandis que le principe argentaffine, tout en étant soluble dans les alcools et les liquides histologiques, fait exception à l'égard *du formol*, et du formol seul, qui le transforme en un produit insoluble, et résistant à l'action des agents utilisés pour l'inclusion.

L'action de l'aldéhyde formique peut être expliquée de deux manières :

1° Elle entrerait *en combinaison chimique* avec la substance entéro-chromaffine, formant un produit nouveau, insoluble, et conservant intacts les groupemenls réducteurs OH, et serait sans action sur l'adrénaline cellulaire ; c'est l'hypothèse la plus plausible ;

2° L'aldéhyde formique produirait la coagulation du milieu intérieur *du grain*, dans les cellules argentaffines seulement, formant une trame fibrinoïde qui emprisonnerait les molécules de la substance réductrice, le processus étant d'ordre purement physique ; cette hypothèse, qui ne préjuge naturellement pas de la constitution chimique particulière de cette substance, se heurte cependant à une difficulté, car il faudrait admettre une action différente du formol sur les protéines des deux sortes de cellules, ce qui est très problématique.

En résumé, si par sa chromaffinité le principe argentaffine dénote une identité de constitution diphénolique avec l'adrénaline, par son argentaffinité il prouve *une différence* d'état physicochimique de l'hormone surrénale, — qui rend parfaitement compte de la divergence de son action hypothétique sur la musculature intestinale par rapport à celle de l'adrénaline.

Comme réactifs à utiliser *à chaud* pour la détection des cellules argentaffines, on peut se servir de solutions de toute une série de complexes d'argent ammoniacaux, qui, bien qu'également électifs, offrent des puissances d'action variables : carbonate, chromate, bichromate, iodate, nitrate, sulfite, sulfate d'argent ammoniacal, — leur différence d'efficacité (qui semble relever du pH

de la solution) pouvant offrir un certain intérêt pour des cas particuliers. Pour les préparer, on précipite une solution de nitrate d'argent à l'aide du sel alcalin correspondant (ou avec l'ammoniaque, pour le nitrate), et on redissout le précipité avec l'ammoniaque. Le plus maniable et le plus efficace est le complexe d'azotate, qui est aussi le plus stable.

On le prépare, en ajoutant à 100$^{cm^3}$ d'une solution à 10 % d'azotate d'argent, environ 10$^{cm^3}$ d'ammoniaque pure (titrée à 28° Bé), qui précipite d'abord et qui redissout ensuite le précipité. L'excès d'ammoniaque diminuant l'énergie du réactif, on laisse persister dans la solution (parfaitement cristalline) un très léger nuage blanchâtre de précipité. La solution, filtrée, est mise dans des boîtes verticales à rainures, que l'on chauffe *rapidement* au bec Bunsen jusqu'à 55°, et que l'on place au thermostat à paraffine, réglé à 56°. On se sert d'organes *très frais*, intestin, appendice, etc., fixés au Bouin (ou au formol pur à 10 %, moins recommandable), inclus dans la paraffine et débités en coupes minces, fortement collées aux lames. Déparaffinées et égouttées de l'eau distillée, les lames sont immergées dans le bain d'argent par 12 ou 14, et successivement (pour ne pas refroidir la solution). Les solutions, qui s'appauvrissent vite, doivent être remplacées souvent, en principe après un chauffage de 45 minutes (c'est-à-dire après un traitement de plus de 50 préparations dans un même bain).

La marche de la réaction peut être contrôlée au microscope. Après 1 ou 2 minutes, les cellules argentaffines apparaissent déjà (à un faible grossissement) sous la forme d'un fin piqueté jaunâtre. *Cinq minutes* sont une durée moyenne, suffisante pour la plupart des cas (dix minutes constituant un maximum). On passe les lames dans une solution tiède d'hyposulfite de sodium à 5 %, et on les rince à l'eau courante; on colore légèrement et l'on monte.

Les granulations massives des cellules nerveuses du ganglion argentaffine du cæcum des Singes ([3]) sont décelées plus rapidement encore. Ces grains, dont la capacité réductrice est très énergique à cause de leur grande taille, sont répartis uniformément dans toute la masse de la cellule. Une imprégnation métallique trop intense formerait écran, très opaque, pour la lumière projetée, qui gênerait la lecture des préparations. Avec un traitement des coupes de *deux minutes*, on peut distinguer parfaitement le pigment argentaffine dans les prolongements cellulaires, très loin au delà du corps de la cellule.

EMBRYOGÉNIE EXPÉRIMENTALE. — *La parthénogenèse expérimentale chez le Lapin.* Note de M. **Charles Thibault**, présentée par M. Maurice Caullery.

On a observé depuis longtemps, chez les Mammifères, des ovules tubaires plurinucléés et à cytoplasme divisé ou non. Certains ont voulu voir dans ces formations un début de segmentation parthénogénétique. Cependant, les

([3]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 517.

aspects nucléaires, l'irrégularité des blastomères, l'état du cytoplasme, conduisent à conclure qu'il s'agit d'œufs en voie de dégénérescence. C'est Champy (1927) qui rapporta le premier cas de véritable parthénogenèse; dans une culture d'ovaire de Lapine, il trouva un ovocyte vierge segmenté en huit blastomères; mais c'est Pincus qui a réalisé les recherches les plus importantes sur la parthénogenèse expérimentale chez les Mammifères. Dans une série d'articles, parus de 1932 à 1940, il a montré que divers traitements physiques appliqués à l'ovocyte de Lapin, soit *in vitro*, soit *in situ* dans les trompes, activent l'ovule, qui, dans certains cas, se segmente. Deux embryons parthénogénétiques sont même venus à terme, montrant ainsi que la parthénogenèse expérimentale, chez les Mammifères, peut être effective.

L'importance de la parthénogenèse effective chez les Mammifères ne peut échapper à personne. Aussi les travaux de Pincus méritaient-ils d'être confirmés. C'est pourquoi nous avons repris cette étude, en utilisant les techniques mêmes du biologiste américain. Chez la Lapine, soumise à l'action d'hormones gonadotropes, nous refroidissons les ovocytes tubaires pendant des temps de durée variable et à différentes températures, le refroidissement étant considéré par Pincus comme le meilleur des traitements parthénogénétiques.

Voici les séries d'expériences que nous avons réalisées :

1° Refroidissement *in vitro*, à 6°C., pendant 15 minutes, d'ovocytes tubaires cultivés dans du plasma homologue.

2° Refroidissement *in situ* d'ovocytes tubaires, à 6°C., pendant 10 à 15 minutes, au moyen d'un manchon parcouru par de l'eau à 6°C. et entourant la trompe sur toute l'étendue où se trouvent les œufs.

3° Refroidissement *in situ* d'ovocytes tubaires, à 0°C. pendant 3 à 4 minutes, par un morceau de glace placé sur la région de la trompe contenant les œufs.

En utilisant l'un de ces trois modes de refroidissement, on active plus de la moitié des œufs traités. L'activation, qui se manifeste par une rétraction de l'ovocyte à l'intérieur de la membrane pellucide, s'accompagne de modifications nucléaires diverses : tantôt le second globule polaire est émis, alors l'ovocyte possède un stock haploïde de chromosomes; tantôt le deuxième fuseau de maturation, sur lequel les chromosomes se trouvent groupés en métaphase quand l'ovule est pondu, émigre vers le centre et ses chromosomes prennent la forme allongée des chromosomes somatiques; enfin les chromosomes en métaphase peuvent se séparer légèrement, prenant l'aspect de diades. Dans ce cas, la télophase n'a pas lieu, le second globule polaire n'est pas émis et l'ovocyte contient d'emblée le stock diploïde de chromosomes. L'activation peut donc conduire, comme dans certains cas de parthénogenèse naturelle, à la régulation chromosomique par rétention du 2° globule polaire. Dès lors, on conçoit que, si la segmentation s'accomplit régulièrement, l'embryogenèse puisse aboutir à des jeunes normaux.

Or, les résultats suivants montrent que la segmentation peut se produire dans une proportion atteignant parfois 50 % des œufs traités. Chez la Lapine 48, dont les œufs avaient refroidi *in situ* à 0° C. pendant 3 minutes, 31 heures après le traitement 3 œufs sur 15 étaient segmentés en 2 blastomères. Chez les Lapines 31, 45 et 47, dont les œufs avaient été recueillis respectivement 48, 52 et 79 heures après le traitement (à 6° C. pendant 12 minutes pour la première et à 0° C. pendant 3 minutes pour les deux autres), sur 19 œufs recueillis, 8 étaient des morulas à des stades plus avancés. Dans quelques morulas, certains noyaux offrent un aspect lobé et une texture vacuolaire, indiquant qu'ils sont voués à la dégénérescence; mais la plupart se présentent normalement, certains sont même en division et les figures mitotiques sont fréquentes.

Ainsi nos résultats confirment entièrement les travaux de Pincus et montrent que, par la seule application, pendant un laps de temps très court, d'un petit glaçon sur la trompe contenant les œufs, technique encore plus simple que celles utilisées par le biologiste américain, on obtient aisément l'activation de l'œuf de Lapin et sa segmentation.

Pour découvrir les mécanismes mis en jeu, une analyse cytologique minutieuse s'impose, analyse qui devra tenir compte des résultats obtenus dans les autres ordres d'animaux par les différents procédés de parthénogenèse expérimentale. Cette étude constitue l'objet de nos recherches actuelles.

PHARMACODYNAMIE. — *Inversion de l'activité pharmacodynamique dans le domaine du système nerveux autonome, par doublement de la molécule.* Note de Mme **Leya Buchel**, Mlles **Denyse Kohler** et **Jeanne Lévy**, présentée par M. Maurice Javillier.

Jusqu'à ces dernières années, les pharmacologues n'ont apporté aucune explication générale du mécanisme d'action des substances antagonistes. Les conceptions de Woods (1) et de Fildes (2), celles de Woolley (3), résumées dans un récent article sur les relations entre constitution chimique et action biologique des antivitamines, firent faire à ce problème quelques progrès.

De même, les observations de Meunier, Mentzer et leurs collaborateurs (4), dans le domaine des vitamines K, les ont amenés à des considérations intéressantes; les molécules doubles du phtiocol, première vitamine K connue, et de

(1) *Brit. Journ. exp. Path.*, **21**, 1940, p. 24.

(2) *Lancet*, **1**, 1940, p. 955.

(3) *Currents in biochemical research*, New-York, p. 357.

(4) P. Meunier, C. Mentzer, Buu-Hoï et Cagniant, *Bull. Soc. chim. Biol.*, **25**, 1943, pp. 384-390; P. Meunier, *Bull. Soc. Chim.*, 1945, pp. 517-527.

la 3-méthyl-4-oxycoumarine, qui se comporte comme une vitamine K, sont douées d'un pouvoir antivitamine K indéniable.

Des constatations analogues ont été faites au sujet de la vitamine H', et du diamino-4.4' benzyle; cette dernière substance, découverte par Kuhn, Moller et Wendt ([5]), qui peut être considérée comme l'acide aminobenzoïque doublé, manifeste des propriétés bactériostatiques importantes.

Dans le domaine de la coagulation sanguine, comme dans celui de la croissance, le doublement moléculaire aboutit à l'inversion des actions physiologiques.

De tels faits semblent même dépasser les séries des vitamines et des facteurs de croissance; ils s'étendent, tout au moins dans un cas particulier, à des substances douées d'activité pharmacodynamique et agissant dans le domaine du système nerveux autonome.

En effet, dans le groupe des amines à fonction éther-oxyde phénolique décrites antérieurement par l'une d'entre nous et Ernest Kahane ([6]), nous avons pu montrer que deux d'entre elles, le *p.* méthylphénoxy-1-amino-2-éthane *p.* $CH_3—C_6H_4—O—CH_2—CH_2—NH_2$ (J. L. 478) et la bi (*p.* méthylphénoxy-1-éthyl) amine (*p.* $CH_3—C_6H_4—O—CH_2—CH_2)_2NH$ (J. L. 477), dont la seconde est constituée par la molécule symétrique double de la première, possèdent, tout au moins, aux doses liminaires, des actions antagonistes vis-à-vis du système sympathique.

Nous avons pu établir par toute une série d'expériences, que le 478 est un sympathomimétique imparfait. Les doses liminaires de 5^{mg} de 478 par kg., injectées par la voie intraveineuse chez le Chien, provoquent une action hypertensive et vasoconstrictrice qui se rapproche de celle de l'adrénaline. Aux injections répétées deux ou trois fois de suite du 478, fait suite, chaque fois, le même effet hypertenseur. La spartéine ([7]) sensibilise également à l'adrénaline et au 478 les cellules innervées par le sympathique vasculaire. Néanmoins, le 478 se différencie de l'adrénaline, car ses effets hypertenseurs ne sont pas inversés par l'yohimbine. A cet égard, il se comporte comme la *p.* oxyphényléthanolméthylamine (sympathol) et l'éphédrine. Comme l'éphédrine, il amplifie l'action vasodilatatrice de l'histamine ([8]). Par contre, il se distingue de l'éphédrine, dont les effets vasoconstricteurs sont inversés par le J. L. 408 [bi-(phénoxy-1-éthyl) amine]. D'autre part, il est comparable à la paraoxyéphédrine et l'éphédrine dont les actions hypertensives sont diminuées par la cocaïne. Il se distingue du J. L. 407 (phénoxy-1-diméthyl-amino-2-éthane) ([9]), car il ne possède aucune propriété excito-ganglionnaire.

Le 478, aux doses liminaires, se conduit donc comme un sympathomimétique imparfait,

([5]) *Berichte*, 76, 1943, p. 406.

([6]) Ernest Kahane et Jeanne Lévy, *Bul. Soc. Chimie Biol.*, 27, 1945, pp. 562-576.

([7]) R. Hazard, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 486.

([8]) M. Bariety et Denyse Kohler, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 161.

([9]) Z. M. Bacq, *Archiv. intern. Pharm. et Ther.*, 52, 1936, p. 471; L. Justin-Besançon et Denyse Kohler, *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, pp. 912-915.

se rapprochant de la *p*-oxyéphédrine, de la *p*-oxyphényléthanolméthylamine (sympathol) et de l'éphédrine. D'autre part, aux doses plus élevées et subtoxiques de 3 à 5^{cg} par kilogramme, les propriétés pharmacodynamiques du 478 s'inversent. Des effets vasodilatateurs et sympatholytiques se substituent à l'action sympathomimétique manifestée aux doses liminaires.

Or, si faibles que soient les doses de 477 injectées, elles ne provoquent jamais, chez le Chien, qu'une action hypotensive et vasodilatatrice; seuls, des effets adrénolytiques, qui se développent rapidement avec l'élévation des doses administrées, ont été observés avec cette amine secondaire. Enfin, le 477 est nettement antagoniste du 478 : il provoque l'inversion de l'action hypertensive du 478.

Le doublement de la molécule du 478 exalte ses effets secondaires qui n'apparaissent qu'aux doses subtoxiques, si bien qu'ils deviennent électifs dans le 477. Comme cette action secondaire se trouve être antagoniste de l'action sympathomimétique élective du 478, le doublement de la molécule conduit, dans ce cas particulier, à une substance douée des propriétés antagonistes de celles que présente la molécule simple.

Conclusions. — Le doublement de la molécule du *p*-méthylphénoxy-1-amino-2-éthane a permis la réalisation d'une substance douée de propriétés sympatholytiques antagonistes de celles de la molécule simple.

BIOLOGIE. — *Propriétés biologiques et quelques caractères chimiques du résidu* colloïdal *de l'urine*. Note (¹) de MM. **Marcel Bessis** et **Georges Sandor**, présentée par M. Charles Laubry.

Il est connu de longue date que, dans l'urine, passent régulièrement les agglutinogènes érythrocytaires; bien que l'activité inhibitrice de l'iso-agglutination de ce liquide biologique soit très faible, connaissant la parcimonie avec laquelle des substances à grosses molécules sont excrétées par les reins, il nous a paru intéressant d'étudier l'urine comme source productrice de substances de groupes sanguins.

Les urines de 24 heures de sujets appartenant à des types différents, A, B, O et Rh positif et Rh négatif, ont été mises à dialyser contre l'eau courante dans les boyaux de viscose (capriscose) pendant 48 heures, puis concentrées au 1/100 de leur volume primitif environ dans le vide vers 30°, enfin dialysées à nouveau pendant 48 heures contre l'eau courante sous pression dans des sacs de collodion préparés et montés suivant les indications de l'un de nous (²).

On obtient de cette manière une solution plus ou moins fortement teintée par l'urochrome. Le dosage colorimétrique des sucres par la méthode à l'orcine d'après M. Sœrensen (³) indique une teneur qui varie entre 0,009 à 0,03 %

(¹) Séance du 20 janvier 1947.

(²) G. Sandor, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 17, 1936, p. 877.

(³) M. Sœrensen et G. Hauggard, *Biochem. Zeitschrift*, 266, 1933, p. 247.

rapportée à l'urine normale et exprimée en galactose-mamnose (en proportions égales). Le pouvoir réducteur après hydrolyse acide (acide sulfurique à 5 % à 120° pendant une heure) nous donne un taux de 0,015 à 0,03 % exprimé en glucose et rapporté toujours à l'urine normale. On trouve enfin 0,005 à 0,01 % de N dans cette même solution, mais l'acide trichloracétique ne provoque pas (ou exceptionnellement des traces infimes) de précipités, ce qui prouve l'absence de protéides. Les caractères de coloration dans la réaction à l'orcine s'accordent assez bien avec ceux que devrait avoir un polyoside construit à base de galactose-mannose en proportions égales, et il y a donc de fortes chances pour qu'il s'agisse d'un polyoside comparable à celui que Bierry (4) a isolé à partir des protéides sériques. La teneur en azote s'accorde, d'autre part, assez bien avec un complexe constitué de ce polyoside et de polypeptides de poids deux fois plus grand environ, ce qui nous conduirait aux substances de groupes sanguins isolées par divers auteurs à partir de sources variées (muqueuse gastrique du porc, liquide des kystes ovariens pseudomuqueux, etc.).

Et, en effet, ce résidu *colloïdal* de l'urine est doué d'une activité inhibitrice de l'iso-agglutination à un degré excessivement poussé, puisqu'en général, 1^g inhibe l'action des agglutinines de 4^l de sang non dilué, ce qui nous mène par les notations habituelles à des taux de l'ordre de 1/25000 assez comparables à ceux que Morgan et ses collaborateurs (5) ont signalés avec leur polyoside *pur* obtenu à partir d'autres sources.

Des essais préliminaires, cependant, paraissent indiquer que la substance est douée d'activité antigénique *in vivo* et provoque la formation d'iso-agglutinines chez le Lapin.

Notre méthode de préparation paraît être la méthode idéale pour obtenir des substances de groupes sanguins. La source première, l'urine normale de l'Homme, est très facilement accessible, la technique de préparation, d'une simplicité extraordinaire; elle ne nécessite aucune manipulation violente et aboutit d'emblée, par une sélection purement biologique, à une substance de pureté très poussée.

---

(4) Bierry, *Comptes rendus*, **141**, 1932, p. 1271.

(5) W. T. J. Morgan et H. K. King, *Biochem. Journal*, **37**, 1943, pp. 640-651.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Oxydation bactérienne de l'acide l-malique en présence d'un inhibiteur de l'oxydation de l'acide oxalo-acétique*. Note [1] de M. ANDRÉ LWOFF, Mlles ALICE AUDUREAU et RELDA CAILLEAU, présentée par M. Maurice Javillier.

Le mutant S de la Bactérie *Moraxella Lwoffi*, au contraire de la forme originale N, est capable d'utiliser les acides succinique, fumarique et *l*-malique comme aliments carbonés. Les deux formes produisent cependant de l'acide oxalo-acétique aux dépens des autres diacides en C_4. Nous avions conclu [2] que la mutation N → S permet l'utilisation des diacides par une voie différente du schéma : acides succinique → fumarique → malique → oxaloacétique → CO_2 + acide pyruvique. Nous apportons des faits nouveaux à l'appui de cette conclusion.

Les Bactéries S sont cultivées à 35°C. dans le milieu :

$SO_4(NH_4)_2$: 0g,75 — SO_4Mg : 0g,05 — citrate ferrique : 0g,05 — PO_4KH_2 : 1g,3 — PO_4Na_2H, $2H_2O$: 10g — acide *l*-malique : 1g,

dans des fioles à fond plat, agitées. Après centrifugation, les Bactéries sont mises en suspension dans le milieu ci-dessus; 2cm³ sont introduits dans l'espace central de la fiole du manomètre de Warburg. Dans le diverticule, on introduit : 1° du malate de sodium; 2° du malonate de sodium; 3° de l'eau, q. s. pour 0cm³,5. Le contenu du diverticule sera déversé sur les Bactéries après la lecture du zéro. Une suspension bactérienne identique est agitée dans des fioles d'Erlenmeyer et l'acide oxaloacétique est dosé par la méthode de Straub.

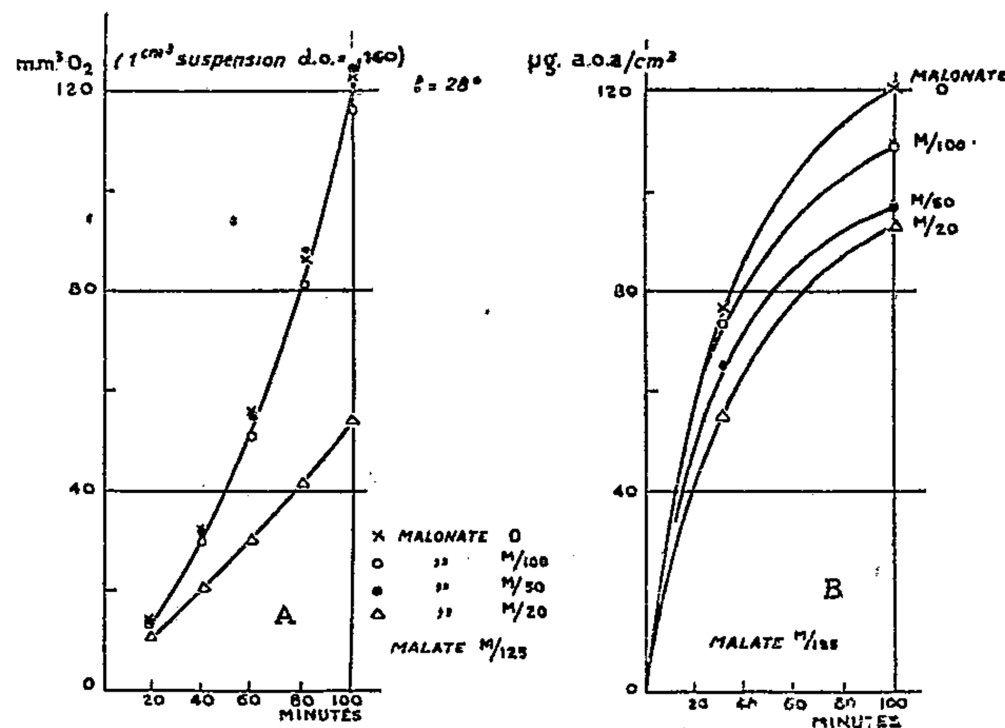
Des expériences préliminaires ont montré que l'acide malonique M/100 inhibe la destruction de l'acide oxalo-acétique M/1000 par les Bactéries S. L'acide *l*-malique M/125 empêche d'ailleurs lui-même la destruction de l'acide oxalo-acétique M/1000. Cela explique l'accumulation d'acide oxalo-acétique en présence d'acide malique. On voit (*fig.* B) que la production d'acide oxalo-acétique a varié suivant la concentration en malonate de 93 à 120 $\mu g/cm^3$ en 100 min. L'étude de la respiration montre : 1° que l'acide malonique M/20 n'inhibe pas l'oxydation de l'acide malique, mais empêche la croissance; 2° qu'en présence d'acide malonique M/100 et M/50, les bactéries respirent et se développent comme dans le témoin. En 100 min., 1 cm³ de la suspension a consommé 120 mm³ d'O_2. Pendant le même temps, la suspension équivalente

---

(1) Séance du 20 janvier 1947.

(2) A. LWOFF et A. AUDUREAU, *Ann. Inst. Pasteur*, **67**, 1941, p. 94; **70**, 1944, p. 51 et **73**, 1947 (à l'impression); A. LWOFF, *Cold Spring Harbor Symposium*, **11**, 1947 (à l'impression).

a produit au maximum $120^{\mu g}$ d'acide oxalo-acétique. Or, pour cette production à partir de la quantité stœchiométrique d'acide malique, il faut à peu



près 10 mm³ de O_2. Cela signifie que l'oxydation de l'acide malique en acide oxaloacétique correspond à moins de 9 % de l'oxygène consommé. On notera aussi que la respiration augmente, en raison de la croissance, alors que la vitesse de production de l'acide oxaloacétique diminue et que l'acide malonique M/100 inhibe l'oxydation de l'acide oxaloacétique M/1000. L'acide oxalo-acétique ne saurait donc représenter une étape intermédiaire significative du métabolisme de l'acide malique.

La Bactérie *Pseudomonas saccharophila* ne détruit pas l'acide oxalo-acétique en anaérobiose ([3]), d'où Bernstein a conclu que la destruction de ce diacide n'est pas conforme au schéma classique. Le mutant S de *Moraxella* n'attaque pas non plus l'acide oxalo-acétique en l'absence d'oxygène ([2]). Sa disparition n'est donc pas le fait d'une simple décarboxylation.

Un ensemble de travaux ([4]) a montré que l'oxydation des diacides par les tissus animaux est souvent liée à une phosphorylation. On est donc en droit de se demander si l'utilisation des diacides en C_4 ne serait pas liée à une décarboxylation oxydative couplée à une phosphorylation ([5]). L'enzyme spécifique, présent chez le mutant S, ferait défaut chez la forme N.

En résumé, le mutant S de *Moraxella*, en présence d'acide malique, oxyde

---

([3]) D. E. Bernstein, *Arch. Biochem.*, 3, 1943, p. 445.

([4]) S. P. Colowick, M. S. Welch et C. F. Cori, *J. Biol. Chem.*, 133, 1940, pp. 359-373; H. Kalckar, *Biochem. J.*, 33, 1939, (1), pp. 631-641; H. A. Lardy, P. D. Boyer et P. H. Phillips, *Arch. Biochem.*, 1944, pp. 295-296; V. R. Potter, *Arch. Biochem.*, 6, 1945, pp. 439-453.

([5]) F. Lipmann et L. C. Tuttle, *J. Biol.Chem.*, 158, 1945, p. 505; S. Ochoa, *J. Biol. Chem.*, 155, 1944, p. 87.

une faible partie de celui-ci en acide oxalo-acétique. Mais le métabolisme de celui-ci est bloqué par le malate et la réaction acide malique + $1/2\ O_2$ = acide oxalo-acétique ne correspond qu'au dixième des oxydations totales. De plus, la respiration et la croissance se poursuivent en présence de concentrations d'acide malonique qui inhibent totalement l'oxydation de l'acide oxalo-acétique. Les acides malique et oxalo-acétique, aliments carbonés énergétiques pour *Moraxella*, ne sont donc pas métabolisés suivant la voie classique.

BACTÉRIOLOGIE. — *Étude du pouvoir pathogène des Bacilles tuberculeux jeunes.* Note ([1]) de M. **Léopold Nègre**, présentée par M. Joseph Magrou.

S'il est à peu près unanimement admis à l'heure actuelle que les bacilles tuberculeux nouvellement formés dans un milieu de culture artificiel ne deviennent tous acido-résistants que vers le 5ᵉ-6ᵉ jour de leur développement, on est resté jusqu'à présent moins bien fixé sur le degré de virulence de ces germes dans cette première période de leur croissance.

Dans des recherches effectuées avec A. Boquet et J. Valtis ([2]) et plus récemment ([3]), nous avons constaté que dans les cinq premiers jours de leur développement en voile sur le milieu synthétique de Sauton, les Bacilles tuberculeux paraissent présenter une virulence notablement inférieure à celle de cultures plus âgées. Cependant nos résultats ont comporté une certaine irrégularité provenant du fait que, par leur mode de formation, les voiles jeunes, comme l'ont montré J. Bretey et J. Browaeys ([4]), contiennent, dans toutes leurs parties, un mélange de Bacilles d'origine récente et des germes plus âgés qui ont servi à l'ensemencement.

Pour éviter cette cause d'erreur, nous avons essayé de suivre le développement du pouvoir pathogène des Bacilles tuberculeux d'origine bovine, qui sont capables de se multiplier dans la profondeur d'un milieu de culture liquide, comme le milieu à l'œuf de Besredka.

En déposant par un dispositif approprié ([5]) les Bacilles d'ensemencement à la partie inférieure du tube contenant le liquide de culture sans souiller la masse de ce dernier, on peut penser que dans les jours suivants la moitié supérieure du milieu ne contient que des germes de formation récente.

([1]) Séance du 13 janvier 1947.

([2]) *Ann. Inst. Pasteur*, **44**, 1930, p. 247.

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, Séance du 21 décembre 1946.

([4]) *Ann. Inst. Pasteur*, **71**, 1945, p. 331.

([5]) Petit tube de verre cylindrique passant à travers le coton qui obture l'orifice supérieur du grand tube contenant le milieu de culture, son extrémité inférieure touchant presque le fond du tube.

Les prélèvements du milieu ainsi ensemencé ont été effectués après 2, 3, 4, 5, 6 et 21 jours à mi-hauteur du liquide. Dans la grande majorité des cas, l'examen microscopique de ce dernier, prélevé le 2^e jour après l'ensemencement, n'a pas révélé la présence de Bacilles acido-résistants, alors que ceux-ci apparaissent en général le 3^e jour. On peut en conclure que ces derniers étaient de formation récente.

Nous avons effectué des dilutions en eau physiologique du liquide de culture à des taux divers (1/5, 1/10, 1/100, etc. de centimètre cube). 0$^{cm^3}$,1 de chacune d'elles était ensemencé sur le milieu de Löwenstein et 1$^{cm^3}$ inoculé à des cobayes par la voie sous-cutanée et à des Lapins par la voie veineuse.

La numération des colonies développées sur le milieu de Löwenstein nous a permis de connaître plus exactement que par pesée le nombre de germes vivants contenus dans 1$^{cm^3}$ de chaque dilution. En comparant chez les animaux inoculés les lésions provoquées par un nombre sensiblement équivalent de germes, nous avons pu apprécier les différences qui existent au point de vue de leur pouvoir pathogène entre les Bacilles tuberculeux nouvellement formés (3-4 jours) et ceux plus âgés (6-21 jours).

Nous avons constaté que ces différences sont peu marquées lorsque les animaux sont inoculés avec un petit nombre de germes (moins de 100). Comme il s'agit d'une infection paucibacillaire, les Cobayes et les Lapins qui ont reçu des Bacilles âgés de 21 jours ont parfois, comme ceux qui ont été inoculés avec des germes très jeunes, des lésions peu importantes.

Pour avoir des résultats plus nets, il faut infecter les animaux avec au moins 100 à 500 Bacilles et, encore mieux, avec plus de 500 germes.

Chez les Cobayes et les Lapins inoculés avec ce nombre de Bacilles prélevés dans des cultures au 3^e ou au 4^e jour de leur développement et sacrifiés dans un délai de 6 semaines à 3 mois après leur infection, les organes n'ont que de très rares tubercules ou en sont apparemment indemnes.

Par contre, les animaux inoculés avec des quantités semblables de Bacilles plus âgés (6 jours) et sacrifiés dans les mêmes délais ont de nombreux tubercules sur leurs divers organes. Leurs lésions sont donc beaucoup plus importantes que celles provoquées par des Bacilles âgés de 3 à 4 jours, mais ne sont pas aussi prononcées que celles des Cobayes et des lapins inoculés avec des bacilles ayant atteint le 21^e jour de leur développement. Dans ce dernier cas on trouve des tubercules souvent confluents et généralisés à tous les organes.

Il ressort de nos expériences que les Bacilles tuberculeux ont, dans la première semaine de leur développement, une virulence inférieure à celle des Bacilles âgés de trois semaines. Le pouvoir pathogène qui les caractérise plus tard commence à apparaître vers le 6^e jour. On peut remarquer que la période

pendant laquelle les Bacilles tuberculeux ont une virulence atténuée coïncide avec celle durant laquelle un grand nombre d'entre eux n'ont pas encore acquis leur acido-résistance.

La séance est levée à $15^h 40^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 30 septembre 1946.)

Note de M. *Maurice Roy*, Écoulement permanent subsonique pour une grille de profils :

Page 497, *au lieu de*

$$Z = \frac{1}{\gamma \mathfrak{M}_0^2}(1 - r^{\Upsilon}) + \left(1 - \frac{\cos^2\alpha_0}{r}\right), \tag{2}$$

lire

$$Z = \frac{1}{\gamma \mathfrak{M}_0^2}(1 - r^{\Upsilon}) + \left(1 - \frac{\cos^2\alpha_0}{r}\right) - \sin\alpha_0 \sqrt{\varphi^2 - \frac{\cos^2\alpha_0}{r^2}}. \tag{2}$$

(Séance du 13 novembre 1946.)

Note de M. *Panos Grammaticakis*, Remarques sur la réactivité du groupe azométhinique vis-à-vis des organomagnésiens mixtes :

Page 805, ligne 36, *au lieu de* dibenzile, *lire* benzile.

(Séance du 27 novembre 1946.)

Note de MM. *Albert Goris* et *Sébastien Sabetay*, Sur la nature de la matière odorante des cultures du bacille tuberculeux :

Page 933, ligne 27, *au lieu de* Des corps bacillaires triés, *lire* Des corps bacillaires tués.

(Séance du 23 décembre 1946.)

Note de MM. *Didier Bertrand*, *Henri Belval* et Mlle *Gilberte Legrand*, L'oxydation du cytochrome par le laccase :

Page 1190, dernière ligne, *au lieu de* à pH 6,8 ou à 6,3, *lire* à pH 6,8 ou à 7,3.

(Séance du 23 décembre 1946.)

Note de M. *Maurice Breistroffer*, Sur la découverte de quelques plantes sublittorales dans la Drôme (Dauphiné) :

Page 1177, 2e ligne, *au lieu de* Aube, *lire* Aude.

Note de MM. *Darius Molho* et *Charles Mentzer*, Sur la bromuration des coumarines au moyen de la N-bromosuccinimide :

Page 1142, 7e ligne en remontant, *au lieu de* Dissoudre $0^g,4$ de sodium dans 20^{cm^3} d'alcool absolu; ajouter 3^g d'[α-brométhyl-]-3, méthyl-4 méthoxy-7 coumarine pulvérisé, *lire* Dissoudre $0^g,4$ de sodium dans 20^{cm^3} d'alcool absolu; ajouter 3^g d'acétylacétate d'éthyle, puis 3^g d'[α-brométyl-]-3, méthyl-4 méthoxy-7 coumarine pulvérisée.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 FÉVRIER 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les lignes* d'osculation quadrique *des surfaces* (Lignes de Darboux). Note (1) de M. JULES DRACH.

1. Dans un Mémoire riche en résultats, *sur le contact des courbes et des surfaces* (2), Darboux a montré que s'il existe des quadriques ayant en un point ordinaire d'une surface un contact du second ordre (la courbe d'intersection a un point triple), il n'en existe pas pour un contact *complet* du troisième ordre. Toutefois on peut obtenir que les tangentes au point triple coïncident. Les courbes ayant ces tangentes sont les lignes d'*osculation quadrique* (que nous appelons *lignes de Darboux*). Elles sont définies par une équation différentielle du premier ordre et de degré 3, dont nous donnons d'abord l'expression *exacte*.

Elle s'obtient en exprimant que si l'on pose $\Sigma_2 = r\,dx^2 + 2s\,dx\,dy + t\,dy^2$ et $\Sigma_3 = dr\,dx^2 + 2\,ds\,dx\,dy + dt\,dy^2$, il existe une combinaison

$$\Sigma_3 + (\lambda\,dx + \mu\,dy)\,\Sigma_2 = \mathrm{M}(dy - \omega\,dx)^3$$

qui se réduit au cube d'une forme linéaire.

L'identification donne, en éliminant λ, μ, M, pour déterminer ω, l'équation du troisième degré

$$(\Delta)\qquad \begin{vmatrix} \delta\omega + \gamma & 3t\omega + 2s & t \\ \gamma\omega + \beta & 2s\omega + r & t\omega + 2s \\ \beta\omega + \alpha & r\omega & 2s\omega + 3r \end{vmatrix} = 0.$$

où α, β, γ, δ sont les dérivées troisièmes de z en x, y,

$$\Sigma_3 = \alpha\,dx^3 + 3\beta\,dx^2\,dy + \ldots.$$

Cette équation est, comme celle des lignes asymptotiques, projective et

---

(1) Séance du 27 janvier 1947.

(2) *Bull. Sc. math. et astr.*, 2e série, 4, 1880, p. 348-384. Une erreur au départ, l'échange de r et t, a faussé les formules de l'éminent géomètre (*loc. cit.*, p. 358), et peut-être empêché toute application.

dualistique; de plus, Σ_2 et Σ_3 peuvent être multipliés par des facteurs quelconques. Il suffit donc, pour qu'elle se conserve, que les lignes $\Sigma_2 = 0$ et les lignes $\Sigma_3 = 0$ se correspondent.

Les lignes de Darboux n'existent ni sur les quadriques, ni sur les surfaces réglées.

2. Indiquons d'abord quelques cas simples où (Δ) s'intègre. Sur la surface $z = (x^3 + y^3)/6$, l'équation (Δ) s'écrit

$$F(\omega) = xy(\omega^3 + 1) - 3y^2\omega^2 - 3x^2\omega = 0,$$

avec $dy - \omega\, dx = 0$; elle est homogène et si l'on pose $y = zx$, on obtient entre z et x la relation $dx/x = dz/\omega - z$, avec $\omega^3 + 1 - 3z\omega^2 - (3/z)\omega = 0$. Mais la quadrature en z se réduit. En remplaçant z par λ, où $\omega - z = \lambda z$, on a $z^3 = 3\lambda + 2/(\lambda + 1)^2(\lambda - 2)$ et la relation entre λ et x s'intègre par $Cz^3 = \lambda^2(\lambda + 2/3)^2(\lambda + 1)^2 x^2$, où C est la constante. Les lignes de Darboux sont donc *algébriques*.

D'après Lie si l'équation (Δ) admet une transformation infinitésimale, on en a un multiplicateur; cela a lieu si la surface admet une transformation projective en elle-même. Avec deux transformations on a l'intégrale. Par exemple les lignes de Darboux, sur les surfaces $z = \Phi(xy)$ où Φ est quelconque, s'obtiennent par quadrature. Il suffit de poser $x = \rho e^{i\theta}$, $y = \rho e^{-i\theta}$; θ est donné par une quadrature portant sur une fonction de ρ. C'est d'ailleurs le cas des surfaces de révolution; cela subsiste pour $z = \Phi(x^a y^b)$.

3. Précisons la liaison des lignes de Darboux aux lignes asymptotiques. On sait [3] que si p, q sont deux solutions de l'équation à invariants égaux :

$$2\lambda\xi_{uv} + \lambda_v\xi_u + \lambda_u\xi_v = 0,$$

λ, p, q permettent d'obtenir par quadratures

$$dx = \lambda(q_u\, du - q_v\, dv), \qquad dy = -\lambda(p_u\, du - p_v\, dv), \qquad dz = p\, dx + q\, dy$$

les coordonnées x, y, z d'un point d'une surface rapportée à ses asymptotiques. On a

$$dx^2\Sigma_2 = -2\lambda\sigma\, du\, dv \qquad \text{avec} \quad \sigma = \frac{\partial(p, q)}{\partial(u, v)}.$$

Si l'on calcule $dx^3\Sigma_3$, on trouve

$$dx^3\Sigma_3 = A\, du^3 + 3B\, du^2\, dv + 3C\, du\, dv^2 + D\, dv^3$$

avec

$$A = 2\lambda(q_u p_{u^2} - p_u q_{u^2}), \qquad B = \sigma\lambda_u, \qquad \ldots.$$

La formation de l'équation (Δ) donne alors pour les lignes de Darboux le résultat simple

$$(\Delta') \qquad A\, du^3 + D\, dv^3 = 0.$$

---

(3) Cf. DARBOUX, *Leçons sur la Théorie des surfaces*, IV, 1896, pp. 20-24.

Ces lignes sont donc définies par

$$\left(\frac{dv}{du}\right)^3 = \Phi = -\frac{A}{D} \quad \text{ou} \quad \frac{dv}{du} = j\sqrt[3]{\Phi} \quad \text{avec} \quad j^3 = 1.$$

Si u et v sont réels, une seule est réelle, pour $j = 1$.

Si l'on emploie les formules de Lelieuvre :

$$\sqrt{\lambda} = \theta_3, \qquad p\sqrt{\lambda} = \theta_1, \qquad q\sqrt{\lambda} = \theta_2,$$

où les θ sont trois solutions de $\theta_{uv} = k\theta$, k quelconque, on a simplement

$$\Phi = \| \theta_{1u^2} \quad \theta_{1u} \quad \theta_1 \| : \| \theta_{1v^2} \quad \theta_{1v} \quad \theta_1 \|,$$

où l'on n'écrit que la première ligne des déterminants.

Pour que sur deux surfaces S, S' les asymptotiques se correspondent, il suffit que S' soit construite avec trois solutions θ'_1, θ'_2, θ'_3 d'une équation $\theta'_{uv} = k'\theta'$, où k' est quelconque. Si les lignes de Darboux se correspondent aussi, Φ devra avoir la même valeur en u, v. On peut chercher à traiter le problème *en laissant les θ_i arbitraires;* il faudra établir les relations entre Φ et k et y regarder $\Phi(u, v)$ comme donné. Toute solution en k donnera un k' possible. Mais ce n'est pas simple.

4. Pour indiquer un cas moins immédiat d'intégration de (Δ), j'envisage la surface (S) $z = xy + (x^3 + y^3)/6$ qui conduit à

$$dy - \theta\, dx = 0 \qquad \text{avec} \quad (\Delta)\, F(\theta) = (\theta^3 + 1)(4 - xy) + 3\theta^2(2x + y^2) + 3\theta(2y + x^2).$$

En posant

$$(\Delta_1) \qquad \frac{1}{3}\frac{\partial F}{\partial \theta} = \theta^2(4 - xy) + 2\theta(2x + y^2) + 2y + x^2 = 0,$$

on trouve d'abord la solution singulière de (Δ) $R = x^3 + y^3 + 6xy - 8$ décomposable en trois facteurs linéaires, dont l'un $x + y - 2$ est réel; R peut être mise en évidence sur l'équation, mais cela ne conduit pas à l'intégrale. On peut aussi intégrer (Δ_1) sous forme simple.

Mais j'ai autrefois [1] déterminé par quadratures les asymptotiques de (S), leur équation $dy - m\, dx = 0$, où $x + 2m + m^2 y = 0$ s'intègre sous la forme

$$du = (P - \omega Q)^{-\frac{1}{3}}(dy - m\, dx), \qquad dv = (P + \omega Q)^{-\frac{1}{3}}\left[dy + \left(\frac{2}{y} + m\right)dx\right],$$

où

$$\omega^2 = 1 - xy, \qquad P = y^3 + 3xy - 4, \qquad Q = xy - 4$$

et

$$P^2 - \omega^2 Q^2 = y^3 R.$$

En prenant $m = -1 + \omega/y$ avec le signe + devant le radical ω, nous avons vu que l'équation (Δ) peut s'écrire $dv^3/du^3 = \Phi$ ou bien sous forme entière

$$(P - \omega Q)\left(dy + \frac{1 + \omega}{y}dx\right)^3 - \Phi(P + \omega Q)\left(dy + \frac{1 - \omega}{y}dx\right)^3 = 0.$$

---

[1] *Comptes rendus*, **152**, 1911, p. 1458.

Sous cette forme elle ne peut différer de $F(0)dx^3 = 0$ que par un facteur. L'*identification donne simplement* $\Phi = 1$.

Ainsi, *les lignes de Darboux de* (S) *sont définies en* u, v *par* $dv^3 = du^3$, *c'est-à-dire* $v = ju + \text{const.}$, $j^3 = 1$.

Les quadratures qui donnent u, v se précisent si l'on remplace x par m, d'où $\omega = my + 1$.

On a, par exemple,

$$u = y(1 + m^3)^{\frac{2}{3}} - 2\int m(1 + m^3)^{-\frac{1}{3}}\,dm,$$

où apparaît la différentielle binome *irréductible* signalée antérieurement; v dépend de la même différentielle portant sur l'autre racine $m' = -(m + 2/y)$.

J'espère donner prochainement quelques résultats relatifs à la surface de Kummer et à ses dégénérescences.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Le principe de la correspondance des formes.* Note de M. **René Souèges.**

Il est temps de faire connaître, en lui consacrant une Note particulière, le *principe de la correspondance des formes*, que j'ai dû invoquer déjà en diverses circonstances et sur lequel je ne me suis pas encore expliqué de manière satisfaisante. Ce principe, avec les lois embryogéniques, les types embryonomiques, la classification périodique, entre dans le cadre de ces *notions générales* qui constituent, à l'heure actuelle, les fondements de l'embryogénie végétale. Il sert à bien déterminer l'origine des blastomères primordiaux; il rend les comparaisons possibles et riches en enseignements; il permet également, en faisant ressortir les véritables rapports des types embryonomiques, d'assigner à ces types leur place exacte dans la classification périodique.

On peut l'énoncer de la manière suivante : *Dans les premiers stades de la construction des formes, on doit rencontrer : à la première génération cellulaire, deux cellules superposées; à la deuxième génération, une tétrade, quel qu'en soit le type, résultant de la bipartition des deux premières cellules; à la troisième génération, des quadrants ou des éléments homologues, produits par les deux cellules supérieures de la tétrade; à la quatrième génération, des octants ou des éléments homologues, engendrés par cloisonnement des quadrants.*

Nota. — 1° La tétrade peut être ou bien en T, avec paroi de séparation des deux cellules supérieures verticale ou oblique, ou bien linéaire; elle peut être aussi globuleuse ou filamenteuse; 2° Les quadrants, en disposition la plus conforme à l'acception du terme, se rangent régulièrement autour de l'axe dans un plan horizontal; on considère comme homologues de quadrants quatre blastomères groupés en tétraèdre (*Geum*) ou formant deux dyades superposées (*Nicotiana*); 3° Les octants sont distribués en deux étages de quatre; il ne se différencie pas d'octants véritables, mais seulement des blastomères homologues, quand les quadrants sont au préalable groupés en tétraèdre ou bien encore lorsqu'ils prennent des cloisons périclines (*Luzula*) ou anticlines à direction verticale (*Senecio*).

En prenant quelques exemples, il est aisé de montrer comment joue le principe de la correspondance des formes.

Chez l'*Hypericum perforatum* (1), on constate qu'il se différencie, à un moment donné, une tétrade en T, des quadrants et des octants tout à fait semblables à ceux qui se rencontrent chez le *Capsella Bursa-pastoris*. Puisque, d'après le principe des correspondances, ces formes apparaissent à la deuxième, troisième et quatrième générations, on doit, à la première génération, rencontrer deux cellules superposées d'où procèdent ces dispositions; ces deux éléments sont les cellules *cc* et *cd*, filles de la cellule apicale du proembryon bicellulaire. Par conséquent, il faut compter les générations à partir de cette dernière cellule, faire tout à fait abstraction de la cellule basale, se placer en somme dans les conditions de la deuxième période du système embryogénique. L'*Hypericum* occupera, dans cette deuxième période, la case qu'occupe le *Capsella* dans la première. Il se rangera également dans le mégarchétype IV, puisque la cellule *cd*, fille inférieure de la cellule apicale, engendre une hypophyse véritable et une portion du suspenseur, comme le fait la cellule basale dans la première période par des processus étroitement comparables.

On peut, au sujet de toutes les espèces qui se classent dans la deuxième période, faire un raisonnement analogue par rapport aux espèces qui leur correspondent dans la première. Il en est de même pour les espèces de la troisième, si on les compare à celles de la deuxième, ou encore de la première. A cet égard, le cas de l'*Hypecoum procumbens* (2) est particulièrement démonstratif.

Chez cette espèce, la cellule *cd* contribue avec la cellule *cb* à la construction du suspenseur proprement dit. D'après cette première donnée, l'*Hypecoum* devrait trouver place dans le mégarchétype VI de la deuxième période. Mais on ne retrouve pas, en suivant les lois du développement à partir de la cellule apicale, les dispositions que commande à la deuxième période le principe de la correspondance des formes. Il faut, pour retrouver ces formes, faire abstraction à la fois de la cellule *cb* et de la cellule *cd*, et compter les générations à partir de *cc*, sœur de *cd*, fille supérieure de la cellule apicale, c'est-à-dire se placer dans les conditions de la troisième période du système. On rencontre alors deux cellules superposées, *ce* et *cf*, produites par *cc*, à la première génération; à la deuxième, une tétrade en T renversé; à la troisième génération, des quadrants offrant le même arrangement que la tétrade; à la quatrième génération, 8 blastomères, nettement homologues de 8 octants. Comme la cellule *cf*, fille inférieure de *cc*, engendre les initiales de l'écorce de la racine et le primordium de la coiffe, remplissant ainsi les fonctions de la cellule *cd* à la deuxième

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 949; **202**, 1936, p. 679; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **83**, 1936, p. 325.

(2) R. Souèges, *Comptes rendus*, **216**, 1943, pp. 310 et 354.

période, celles de la cellule *cb* à la première, l'*Hypecoum* vient automatiquement se ranger dans le mégarchétype IV de la troisième période. Il se classe encore dans la série C″, sous série c″, variante c''_1, puisque la tétrade comporte 2 cellules inférieures juxtaposées, puisque la cellule supérieure de cette tétrade, *cg*, se cloisonne transversalement et la cellule subterminale, *ch*, verticalement.

On peut montrer encore comment le *principe de la correspondance des formes* implique la présence nécessaire du mégarchétype VI dans la classification périodique. Dans la première période, ce mégarchétype se définit par la formule $cb = s$; dans ce cas, la cellule basale contribue seule à la construction de tout le suspenseur; les lois qui président à l'édification du corps ne paraissent pas lui être applicables et concernent, semble-t-il, uniquement la cellule apicale. Par conséquent l'on devrait, sur cette donnée, classer sans hésitation dans la deuxième période toutes les espèces qui répondent à la définition du mégarchétype VI et celui-ci perdrait sa raison d'être.

Chez le *Trifolium minus* (3), représentant du mégarchétype VI dans la première période, la cellule basale produit un suspenseur *sensu stricto* et la plante tout entière se développe aux dépens de la cellule apicale. Si l'on compare cette espèce au *Geum urbanum* (4) qui appartient au mégarchétype II du même groupe et de la même période, on constate que, dans les deux cas, il y a correspondance parfaite des formes développées aux quatre premières générations *à partir de l'œuf*, c'est-à-dire en tenant compte de la cellule basale. En effet, dans les deux cas, l'œuf donne à la première génération deux cellules superposées, *ca* et *cb*; à la deuxième génération une tétrade en T avec paroi supérieure oblique; à la troisième génération des quadrants groupés en tétraèdre; à la quatrième génération des blastomères homologues d'octants, offrant, dans les deux espèces, une disposition comparable. On voit par là le rôle que joue la cellule basale dans ces comparaisons; on ne peut en faire abstraction dans l'interprétation des lois du développement. Le *Trifolium* doit être classé dans la première période et le mégarchétype VI auquel il se rapporte doit nécessairement être maintenu.

PROBABILITÉS. — *Probabilités physiques et principes de la thermodynamique.* Note (1) de M. **Georges Reboul.**

On lit assez souvent dans les Cours de physique générale que les principes de la Thermodynamique ne sauraient être démontrés et qu'ils doivent être

---

(3) R. Souèges, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1018; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 76, 1929, p. 338; *Embryogénie et Classification*, II, 1939, p. 79.

(4) R. Souèges, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1070; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 70, 1923, p. 645.

(1) Séance du 27 janvier 1947.

considérés comme faits d'expérience puisqu'ils sont seulement confirmés par la vérification expérimentale des conséquences que l'on en tire; cependant ces principes, comme ceux des autres branches scientifiques, peuvent être considérés comme découlant simplement des lois du hasard.

Il a été indiqué antérieurement ([2]) que tout phénomène physique, chimique ou biologique, est soumis à des lois de probabilité qui se traduisent analytiquement par des relations de la forme

$$\sum_1^n \beta_1 \frac{dN_1}{N_1} + \sum_1^p \beta'_1 \frac{dU_1}{U_1} = 0,$$

N nombre des éléments individuels formant chacun des n constituants du système, U actif des p facteurs d'action mis en jeu dans le phénomène, β coefficients de correction des probabilités égaux d'ailleurs à l'unité dans le cas d'équipartition.

Pour définir la valeur absolue U de l'actif d'un facteur qui entre dans l'expression précédente, on admet implicitement l'existence d'un état originel à partir duquel est compté cet actif et dans lequel il a la valeur zéro.

Dans cet *état néant,* aussi impossible à réaliser pour le physicien qu'est l'infini des mathématiciens à atteindre, les éléments individuels d'un groupement représentatif d'un système n'ont plus aucun moyen de révéler leur existence; leur volume, leur pression, leur température, leur énergie, etc., sont nuls.

En particulier la valeur absolue W de l'énergie portée par un système, comptée à partir de cet état néant, ne pourrait être mesurée que par le travail ou la chaleur que le système céderait à l'extérieur en s'évanouissant complètement.

I. Imaginons que cette énergie W, sous p formes diverses $W_1, W_2, \ldots, W_p$, susceptibles de se transformer les unes dans les autres, soit équipartissable sur des individus, réels ou imaginaires, qui, au nombre de N, représentent mécaniquement le système.

La relation de probabilité s'écrit alors

$$\frac{dN}{N} = \frac{dW_1}{W} + \frac{dW_2}{W} + \ldots + \frac{dW_p}{W}.$$

Si le système est isolé ou revient à son état initial après une série de transformations ($dN = 0$), on a

$$dW_1 + dW_2 + \ldots + dW_p = 0,$$

qui exprime le principe de la conservation de l'énergie.

II. A partir du même état néant, on peut définir la valeur absolue d'une température, sans faire intervenir, comme on le fait habituellement, la notion

([2]) G. et J.-A. Reboul, *Comptes rendus,* **222**, 1946, p. 1063.

de rendement d'une machine thermique. Cette température absolue T est indépendante, non seulement de la matière formant le système, mais encore du principe des appareils servant à la mesurer.

Supposons que les facteurs physiques intervenant dans un système soient uniquement la température absolue T et l'énergie sous forme calorifique Q. Si les actifs de ces facteurs sont équipartissables sur des individus, hypothétiques ou non, qui, au nombre de N, constituent le système, la relation de probabilité donne

$$\frac{dN}{N} = \frac{dQ}{Q} - \frac{dT}{T},$$

N étant en corrélation directe avec Q et inverse avec T.

Quand le système est isolé ($dN = 0$), on a

$$\frac{dQ}{Q} = \frac{dT}{T}, \qquad \frac{Q}{T} = \text{const.}$$

En particulier si l'on a affaire à un système qui, comme une machine thermique, possède une source froide F portant, à une température T_1, une quantité de chaleur Q_1 et une source chaude C qui, à la température T_2, porte une quantité de chaleur Q_2, on doit avoir

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}.$$

Ceci posé, si, comme on le fait dans les cours de thermodynamique, on imagine une machine thermique, ayant pour source chaude C, pour source froide F et fonctionnant suivant un cycle élémentaire de Carnot, on constatera qu'après retour à l'état initial, on a

$$\frac{dQ_1}{T_1} = \frac{dQ_2}{T_2}$$

ou, en explicitant les signes,

$$\sum \frac{dQ}{T} = 0.$$

L'introduction de la notion d'entropie, sa généralisation, son extension aux systèmes irréversibles et au principe d'évolution, se font à partir de cette dernière formule, comme l'a indiqué Clausius et comme il se voit dans tous les cours de thermodynamique.

Ainsi donc, les principes régissant l'énergie et l'entropie peuvent être considérés comme des conséquences des relations de probabilité. On trouve exposées dans tous les cours de physique générale les méthodes employées pour résoudre un certain nombre de problèmes à partir des principes de la thermodynamique. Ce qui vient d'être dit ne diminue en rien l'intérêt de ces méthodes, mais il est clair que chacun de ces problèmes peut être résolu par application directe des seules relations de probabilité, puisque les principes de l'énergie et de l'entropie ne sont que des cas particuliers de ces dernières.

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un livre que je viens de publier : *Les Paradoxes de l'Infini*. J'ai essayé d'y mettre à la portée d'un public étendu quelques-uns des problèmes qui ont été posés depuis un demi-siècle, à propos de l'arithmétique de l'infini. Toutes les difficultés ne sont pas encore résolues, mais les résultats acquis modifient déjà les idées intuitives sur l'infini.

NOMINATIONS.

Le **Directeur du Centre National de la Recherche Scientifique** informe l'Académie du don fait à la France par le Conseil de la **Société Royale de Londres**, d'instruments scientifiques d'une valeur de mille livres.

MM. **Ch. Jacob**, **P. Lebeau**, **J. Pérès**, **E. de Martonne**, **L. Fage**, **R. Courrier**, **J. Cabannes** sont désignés pour représenter l'Académie dans la Commission qui sera chargée de répartir ces instruments.

M. **Louis Blaringhem** est désigné pour représenter l'Académie aux Cérémonies qui auront lieu à Princeton, les 16 et 17 juin 1947, pour commémorer le deux-centième anniversaire de la fondation de l'Université de cette ville.

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des Commissions de prix de 1947, ouvert en la séance du 27 janvier, est clos en celle du 3 février.

49 cahiers de vote ont été déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

I. Mathématiques : *Prix Carrière, Victor Thébault, Leonard Eugene Dickson.* — MM. J. Hadamard, Ém. Borel, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, J. Pérès.

II. Mécanique : *Prix Montyon, Henri de Parville, fondation Henry Bazin.* — MM. Ém. Borel, J. Drach, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot, J. Pérès, E. Vessiot, H. Beghin.

III. Astronomie : *Prix Damoiseau, Ancel.* — MM. H. Deslandres, A. Cotton, E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Fayet, L. Picart, J. Chazy, P. Montel, B. Lyot.

IV. Géographie : *Prix Gay, fondation Tchihatchef, prix Binoux.* — MM. A. Lacroix, Ch. Maurain, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, Ch. Pérez, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, Em. de Martonne, D. Cot, G. Poivilliers.

V. Navigation : *Prix Plumey.* — MM. Ém. Borel, M. de Broglie, J. Drach, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, J. Pérès, Em. de Martonne, E. Vessiot, H. Beghin, D. Cot, G. Poivilliers.

VI. Physique : *Prix Henri de Parville, Hughes, Pierson-Perrin, fondation Clément-Félix.* — MM. M. Brillouin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, Ch. Mauguin, C. Gutton, F. Joliot, J. Becquerel, J. Cabannes, N....

VII. Chimie : *Prix Montyon des Arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Émile Jungfleisch, fondation Charles-Adam Girard.* — MM. A. Lacroix, G. Bertrand, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, M. Javillier, P. Lebeau, J. Duclaux, P. Jolibois, P. Pascal.

VIII. Minéralogie et Géologie : *Prix Fontannes, André-C. Bonnet, Carrière.* — MM. A. Lacroix, A. Cotton, M. Caullery, Ch. Jacob, Ch. Pérez, Ch. Mauguin, F. Grandjean, Em. de Margerie, A. Michel-Lévy, L. Bertrand.

IX. Botanique : *Prix Montagne, Carrière.* — MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, L. Blaringhem, Ch. Pérez, A. Chevalier, Em. de Martonne, R. Souèges, J. Magrou, R. Heim.

X. Économie rurale : *Prix Paul Marguerite de La Charlonie, Nicolas Zvorikine.* — MM. A. Lacroix, Em. Leclainche, G. Bertrand, L. Blaringhem, L. Lapicque, R. Fosse, Ém. Schribaux, M. Javillier, A. Chevalier, A. Demolon.

XI. Anatomie et Zoologie : *Prix Cuvier, fondation Savigny, prix Jean Thore, Pouchard.* — MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Cuénot, Ch. Pérez, P. Portier, É. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage, R. Courrier.

XII. Anthropologie : *Prix André-C. Bonnet.* — MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Blaringhem, L. Lapicque, Ch. Pérez, L. Fage, R. Courrier.

XIII. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Chaussier, Bellion, Argut, Jean Dagnan-Bouveret.* — MM. A. Lacroix, Em. Leclainche, H. Vincent, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent, G. Roussy, L. Binet, Ch. Laubry, H. Hartmann, R. Leriche.

XIV. Cancer et Tuberculose : *Prix Bariot-Faynot, Louise Darracq, Eugène et Amélie Dupuy.* — MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, E. Sergent, G. Roussy, J. Jolly, L. Binet.

XV. Physiologie : *Prix Montyon, Philipeaux, Fanny Emden.* — MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, J. Jolly, L. Binet.

XVI. Statistique : *Prix Montyon.* — MM. A. Lacroix, É. Borel,

L. Blaringhem, J. Drach, Ch. Maurain, É. Cartan, L. de Broglie, J. Chazy, P. Montel.

XVII. Histoire et philosophie des sciences : *Prix Binoux*. — MM. A. Lacroix, É. Borel, M. Caullery, M. Delépine, H. Villat, L. de Broglie, Ch. Pérez, J. Chazy, P. Montel.

XVIII. Ouvrages de sciences : *Prix Henri de Parville*. — MM. L. Blaringhem, H. Villat, A. Lacroix, L. de Broglie et trois membres élus : MM. Ém. Borel, H. Vincent, M. de Broglie.

XIX. *Médailles Lavoisier, Berthelot, Henri Poincaré*. — MM. L. Blaringhem, H. Villat, A. Lacroix, L. de Broglie.

XX. *Prix d'Aumale, Thorlet, fondations Trémont, Gegner, Hirn, Charles-Louis de Saulses de Freycinet, Henri Becquerel, Mme Victor Noury, fonds des Laboratoires, fondations Charles de Mosenthal, Giffard, Lannelongue, Barbier-Muret, Cassé-Fleury, Gibou, Alexandre Darracq, Girbal-Baral, Leroy-Drouault, Octave Mirbeau*. — MM. L. Blaringhem, H. Villat, A. Lacroix, L. de Broglie, R. Bourgeois, G. Bertrand.

XXI. *Prix fondé par l'État* (Grand prix des sciences physiques). — MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, M. Caullery, L. Blaringhem, R. Fosse, Ch. Pérez, A. Chevalier, L. Binet.

XXII. *Prix Bordin* (Sciences mathématiques). — MM. Ém. Borel, A. Cotton, Ch. Maurain, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel.

XXIII. *Prix Lallemand*. — MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, L. Binet, R. Leriche.

XXIV. *Prix Serres*. — MM. A. Lacroix, Em. Leclainche. H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, Ém. Roubaud, L. Binet, R. Souèges.

XXV. *Prix Petit d'Ormoy* (Sciences mathématiques pures ou appliquées). — MM. Ém. Borel, J. Drach, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, J. Pérès.

XXVI. *Prix Saintour* (Sciences mathématiques). — MM. Ém. Borel, A. Cotton, Ch. Maurain, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, P. Montel, É.-G. Barrillon.

XXVII. *Prix Lonchampt*. — MM. A. Lacroix, Em. Leclainche, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, M. Javillier, A. Chevalier, L. Binet.

XXVIII. *Prix Henry Wilde*. — MM. H. Deslandres, A. Lacroix, Ém. Borel, G. Bertrand, A. Cotton, E. Esclangon, M. Delépine, A. de Gramont, L. de Broglie.

XXIX. *Prix Général Muteau* (Sciences physiques). — MM. A. Lacroix, H. Vincent, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, Ch. Pérez, A. Chevalier.

XXX. *Prix Laura Mounier de Saridakis.* — MM. A. Lacroix, H. Vincent, G. Bertrand, L. de Broglie, Ch. Pérez, P. Portier, M. Javillier, J. Jolly, R. Courrier.

XXXI. *Prix Marie-Guido Triossi* (Sciences physiques). — MM. A. Lacroix, M. Caullery. M. Delépine, Ch. Jacob, A. Chevalier, L. Binet. R. Souèges, R. Courrier.

XXXII. *Fondation Aimé Berthé* (Sciences mathématiques). — MM. Ém. Borel, A. Cotton, Ch. Maurain, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, É.-G. Barrillon.

XXXIII. *Fondation Villemot.* — MM. L. Blaringhem, H. Villat, A. Lacroix, L. de Broglie; J. Hadamard, E. Esclangon, G. Poivilliers, J. Cabannes, P. Jolibois, L. Bertrand, Em. Leclainche, R. Courrier, R. Leriche, G. Ramon, J. Haag, R. Barthélemy.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la place de Membre astronome vacante au Bureau des Longitudes, par le décès du Général *Perrier*.

(Renvoi à la Division des Sciences Mathématiques.)

M. **Maurice Lelubre** adresse des remercîments à l'Académie pour la subvention qui lui a été accordée sur la Fondation Loutreuil.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Charles Robequain. *Le Monde malais. Péninsule malaise. Sumatra. Java. Bornéo. Célèbes. Bali et les petites îles de la Sonde. Moluques. Philippines.*

2° Institut géographique national. *Rapport sur l'activité de l'Institut géographique national de* 1940 *à* 1942.

3° *La Presse médicale.* Nos 1 à 4; janvier 1947.

4° République libanaise. Ministère des Travaux publics. Service météorologique. *Bulletin mensuel. Année climatologique* 1945-1946. Nos 1 à 12; septembre 1945, août 1946.

5° Ministère de l'Éducation Nationale. *Soixante-treizième Congrès des Sociétés savantes de Paris et des Départements à Strasbourg* (*avril* 1947). Programme.

ALGÈBRE. — *Anneaux réguliers avec ou sans diviseurs de zéro.* Note [1] de M. LÉONCE LESIEUR, présentée par M. Élie Cartan.

$\mathfrak{o}$ étant un anneau régulier à droite au sens généralisé, j'ai montré que le sur-anneau $\mathfrak{o}'$ des matrices carrées d'ordre n sur $\mathfrak{o}$ était lui-même un anneau régulier à droite [2]. Voici deux autres propriétés importantes de l'anneau $\mathfrak{o}$ qui restent valables quand on considère $\mathfrak{o}'$.

1° *Anneaux réguliers à droite dans lesquels tout diviseur de zéro à droite est également diviseur de zéro à gauche*, ou *Propriété* 1, $ua = 0$, $u \neq 0$ entraîne $am = 0$, $m \neq 0$ [3].

On démontre, en s'appuyant sur la forme normale d'une matrice d'ordre n appartenant à $\mathfrak{o}'$, que cette propriété entraîne la propriété analogue pour l'anneau $\mathfrak{o}'$. D'où

THÉORÈME 1. — *Quand une matrice carrée d'ordre n sur $\mathfrak{o}$ a des colonnes linéairement indépendantes à droite, ses lignes sont linéairement indépendantes à gauche.*

2° *Pseudo-corps réguliers à droite.* — Une propriété plus forte que la propriété 1 est la suivante :

Propriété 2. — Dans l'anneau $\mathfrak{o}$, régulier à droite, avec élément unité e, tout élément non diviseur de zéro à gauche est inversable à droite.

J'appelle un tel anneau pseudo-corps régulier à droite [4]. α n'étant pas diviseur de zéro à gauche dans $\mathfrak{o}$, on a : $\alpha\beta = e$, $\beta\alpha = e$ et les éléments tels que α constituent un groupe multiplicatif d'unités Σ.

THÉORÈME 2. — *Les matrices carrées d'ordre n sur un pseudo-corps k régulier à droite forment un pseudo-corps k' régulier à droite.*

Soit en effet $A \in \mathfrak{o}'$, non diviseur de zéro à gauche, donc à colonnes linéairement indépendantes à droite. Les équations

$$(1)\qquad \begin{pmatrix} \alpha'_1 \\ \alpha'_2 \\ \vdots \\ \alpha'_n \end{pmatrix} = (A) \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{pmatrix}$$

ont une solution unique $X_i \in \mathfrak{o}$, car on peut toujours trouver $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n, \alpha$ tels que

$$\begin{pmatrix} \alpha'_1 \\ \alpha'_2 \\ \vdots \\ \alpha'_n \end{pmatrix} \alpha = (A) \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_n \end{pmatrix},$$

---

[1] Séance du 27 janvier 1947.

[2] *Comptes rendus*, 226, 1946, p. 1083.

[3] La propriété 1 est évidemment vérifiée pour les anneaux réguliers à droite sans diviseurs de zéro (anneaux de Ore).

[4] Tout corps est pseudo-corps régulier à droite (et à gauche).

où α n'est pas diviseur de zéro à gauche [5]. D'après l'hypothèse 1

$$\alpha\beta = \beta\alpha = e,$$

et la solution unique des équations (1) est

$$X_1 = \alpha_1\beta, \quad X_2 = \alpha_2\beta, \quad \ldots, \quad X_n = \alpha_n\beta.$$

On en déduit, en prenant les composantes des vecteurs unitaires par rapport aux vecteurs colonnes de A, l'existence d'une matrice B telle que $AB = E$. Le théorème 2 est démontré. On voit ensuite, comme pour $\mathfrak{o}$, que $BA = E$ et que les éléments de k' non diviseur de zéro à gauche forment un groupe,

3° *Applications.* — I. Ce dernier groupe est celui des *transformations linéaires* du module E_n de vecteurs $\begin{pmatrix}\alpha_1\\ \alpha_2\\ \vdots\\ \alpha_n\end{pmatrix}$, où $\alpha_i \in k$. Lorsque k est un corps commutatif ordinaire, on obtient le groupe linéaire de l'espace linéaire à n dimensions.

II. On peut définir, à partir de l'espace E_{n+1}, un espace projectif Π_n de la façon suivante :

Appelons *vecteur non singulier* de E_{n+1} un vecteur

$$v = \begin{pmatrix}\alpha_1\\ \alpha_2\\ \vdots\\ \alpha_n\\ \alpha_{n+1}\end{pmatrix}$$

tel que $v\lambda = 0, \lambda \neq 0, \lambda \in k$ soit impossible. Nous dirons de plus que deux vecteurs v et v_1 liés par $v_1 = v\sigma, \sigma \in \Sigma$ ou $\sigma \in k$ est inversible, sont *équivalents*, cette relation R étant réflexive, symétrique et transitive. Les vecteurs v et v_1 sont en même temps singuliers ou non; R partage donc l'ensemble F des vecteurs non singuliers de E_{n+1} en classes. *L'ensemble* F/R *de ces classes constitue par définition l'espace projectif* π_n *sur* k. Chaque point P de π_n correspond à l'une des classes; un représentant de P, c'est-à-dire d'une classe, est un vecteur non singulier de E_{n+1}.

Exemples. — 1. Lorsque k est un corps commutatif ordinaire, π_n est l'espace projectif à n dimensions;

2. k étant le pseudo-corps régulier des matrices carrées d'ordre 2 sur un corps commutatif ordinaire, π_1 est l'espace des droites de l'espace projectif S_3 à trois dimensions. Plus généralement π_n est l'espace des droites plongées dans un S_{2n+1}.

4° *Problème d'immersion.* — THÉORÈME 3. — *Tout anneau* $\mathfrak{o}$, *régulier à droite*,

---

[5] LESIEUR, *loc. cit.* Théorème 3 et Conséquence.

propre ou impropre, qui vérifie la propriété 1, *peut être plongé dans un pseudo-corps k régulier à droite.*

Un élément β de $\mathfrak{o}$, non diviseur de zéro à gauche, possède toujours un inverse β^{-1} *dans k*, et tout élément de k est de la forme $\alpha\beta^{-1}$ où α et $\beta \in \mathfrak{o}$ [6].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation de la composition de fonctions par un produit de matrices. Application à l'itération de e^z et de $e^z - 1$.* Note [1] de M. **Eri Jabotinsky**, présentée par M. Paul Montel.

I. Soit Λ un opérateur applicable à des fonctions, tel que

$$(1) \qquad \Lambda[F\{G(z)\}] = \Lambda[F(z)] \times \Lambda[G(z)].$$

Comme la composition de fonctions n'est pas commutative, il est naturel de demander que $\Lambda[F]$ soit une matrice. Supposons que les fonctions $F(z)$, $G(z)$ et $H(z) = F[G(z)]$ soient toutes analytiques au voisinage de $z = 0$. *On peut alors choisir pour* Λ *l'opérateur* Λ_ι *qui fait correspondre à une fonction* $F(z)$ *la matrice* $\Lambda_\iota[F] = \varphi$ *des coefficients des développements en série de Taylor des puissances* $F^m(z) = \sum_{n=0}^{n=\infty} \varphi_{m,n} z^n$ *de* $F(z)$ [2].

D'une manière plus générale, τ étant une matrice infinie admettant une inverse, posons $\Lambda_\tau[F] = \tau^{-1} \times \Lambda_\iota[F] \times \tau$. L'opérateur Λ_τ satisfait évidemment à (1) en même temps que Λ_ι (qui correspond à la matrice unitaire ι). Remarquons [3] que l'opérateur Λ_τ est lié au développement en série de la forme $T_m[F(z)] = \sum_{n=0}^{n=\infty} \psi_{m,n} T_n(z)$ où les fonctions $T_n(z)$ sont telles que $z^m = \sum_{n=0}^{n=\infty} \tau_{m,n} T_n(z)$. On a alors bien $\Lambda_\tau[F] = \psi = \tau^{-1} \times \varphi \times \tau$.

II. Posons $E(z) = e^z$ et $F(a, z) = a(e^z - 1)$. Désignons par E_p et F_p les $p^{\text{ièmes}}$ itérées de ces fonctions où p est un entier ≥ 0. Nous avons $\Lambda_\iota[E_p(z)] = [\Lambda_\iota(z^z)]^p$ et $\{\Lambda_\iota(e^z)\}_{m,n} = (m^n/n!)$. Les éléments de la matrice $[\Lambda_\iota(e^z)]^p$ sont donnés par des sommes infinies de multiplicité $p - 1$. Nous allons circonvenir ces sommes en nous servant des fonctions $F(a, z)$. Notons d'abord que le coefficient de z^n dans le développement de $[a(e^z - 1)]^m$ est $(m!/n!).\sigma_{m,n}.a^m$, où les $\sigma_{m,n}$ sont les nombres de Stirling définis par $\sigma_{0,0} = 1$; $\sigma_{0,n} = 0$ $(n \neq 0)$; $\sigma_{m,0} = 0$ $(m \neq 0)$ et $\sigma_{m,n} = \sigma_{m-1,n-1} + m.\sigma_{m,n-1}$. Il s'ensuit que $\{\Lambda_\iota[F(a, z)]\}_{m,n} = (m!/n!).\sigma_{m,n}.a^m$. Posons $\tau_{m,n} = 0$ si $m \neq n$ et $\tau_{m,m} = m!$. Nous avons $\{\Lambda_\tau[F(a, z)]\}_{m,n} = \sigma_{m,n}.a^m$. Soit $\sigma(a)$ la matrice telle que $\{\sigma(a)\}_{m,n} = \sigma_{m,n}.a^m$. Nous avons

$$\Lambda_\tau[F(a, z)] = \sigma(\alpha)$$

---

[6] « Condition C ». *Voir* P. Dubreil, *Algèbre*, 1, Chap. V, Paris, 1946.

[1] Séance du 13 janvier 1947.

[2] A. A. Bennett, *Ann. of Math.*, 2e série, 17, 1915, pp. 23-60.

[3] Je suis redevable de cette remarque à M. Th. Motzkin.

et par suite

$$\text{(2)} \qquad F_p(a, z) = \sum_{n=0}^{n=\infty} \{\sigma^p(a)\}_{1,n} \cdot \frac{z^n}{n!}.$$

Posons $a = b$, où b est une racine de l'équation $e^b = b$. Nous avons

$$e^z = b\, e^{(z-b)} \qquad \text{et} \qquad E(z) - b = F(b, z - b)$$

et d'une manière générale, par induction, $E_p(z) - b = F_p(b, z - b)$, d'où

$$\text{(3)} \qquad E_p(z) = b + \sum_{n=0}^{n=\infty} \{\sigma^p(b)\}_{1,n} \cdot \frac{(z-b)^n}{n!}.$$

On obtient une autre formule, ne comprenant que des éléments réels, en posant

$$E_p(0) = e_p \qquad (e_1 = 1,\ e_2 = e,\ e_3 = e^e,\ \ldots)$$

et en notant que

$$E_p(z) - e_p = F[e_p,\ E_{p-1}(z) - e_{p-1}],$$

d'où $\Lambda_\tau[E_p(z) - e_p] = \sigma(e_p) \times \sigma(e_{p-1}) \times \ldots \times \sigma(e_1)$, *dans cet ordre*, et

$$\text{(4)} \qquad E_p(z) = e_p + \sum_{n=0}^{n=\infty} \left\{ \prod_{q=1}^{q=p} \sigma(e_{p-q+1}) \right\}_{1,n} \cdot \frac{z^n}{n!}.$$

On voit que les coefficients des $z^n/n!$ sont des polynomes en e_1 à e_p à coefficients entiers.

III. Dans (2) prenons $a = 1$, et posons $\sigma(1) = \sigma$. La matrice $\sigma' = \sigma - \iota$ a des zéros sur la diagonale principale et au-dessous. La matrice σ'^q a des zéros sur encore $q - 1$ diagonales au-dessus, c'est-à-dire $\{\sigma'^q\}_{m,n} = 0$ pour $q > n - m$. Comme $\sigma' \times \iota = \iota \times \sigma'$, nous avons

$$\sigma^p = \sum_{q=0}^{q=p} \binom{p}{q} \sigma'^q \times \iota^{p-q}$$

et

$$\{\sigma^p\}_{m,n} = \sum_{q=0}^{q=p} \binom{p}{q} \{\sigma'^q\}_{m,n} = \sum_{q=0}^{q=n-m} \frac{p(p-1)\ldots(p-q+1)}{q!} \{\sigma'^q\}_{m,n}$$

pour $n \geqq m$ et $\{\sigma^p\}_{m,n} = 0$ pour $n < m$. Faisant $m = 1$ et portant dans (2), on a

$$\text{(5)} \qquad F_p(1, z) = \sum_{n=1}^{n=\infty} \left[\sum_{q=0}^{q=n-1} \frac{p(p-1)\ldots(p-q+1)}{q!} \{\sigma'^q\}_{1,n} \right] \frac{z^n}{n!}.$$

Les $\{\sigma'^q\}_{1,n}$ sont des coefficients entiers positifs. La formule (5) conserve un sens formel même pour p non entier. Il a déjà été montré (¹) que les coefficients du développement de $F_p(1, z)$ sont des polynomes en p. La question de la convergence de (5) pour p non entier semble être ouverte.

(¹) Paul Lévy, *Comptes rendus*, 184, 1927, pp. 500-502.

GÉOMÉTRIE. — *Exemples de contours pour lesquels le problème de Plateau a 3 ou $2p+1$ solutions.* Note (¹) de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit Γ (ou AMA′NA) un contour tel que A et A′ soient voisins dans l'espace sans l'être sur le contour. En joignant AA′, on obtient deux contours partiels Γ_1 et Γ_2; soient Σ_1 et Σ_2 des surfaces minima limitées respectivement à Γ_1 et Γ_2. Sauf dans certains cas singuliers (comme celui d'un losange gauche dont les deux diagonales sont petites), il existe une surface minima Σ limitée à Γ, qui diffère peu de la réunion de Σ_1 et Σ_2, et la déformation de l'arc ANA′ est sans influence sensible sur la forme de la partie de Σ entourée par AMA′A.

De même, si un contour Γ(ABMB′A′NA) comprend les deux bords AB et A′B′ d'un ruban étroit, il existe une surface minima limitée à ce contour, très peu différente de la réunion de ce ruban et de deux surfaces minima indépendantes l'une de l'autre.

Si au contraire A, B, A′, B′ se succèdent sur Γ dans l'ordre ABA′B′, et si les cordes AA′ et BB′ sont petites, l'application du principe précédent à AA′ et à BB′ peut donner deux surfaces minima différentes, Σ' et Σ'', limitées à Γ. Elles donnent pour l'aire des minima relatifs; d'où une troisième surface minima Σ, qui est un col.

2. *Exemples.* — 1° Un octogone Γ_1 dont les côtés, pris de deux en deux, sont les arêtes AC, DA, BD, CB d'un tétraèdre, dont on a enlevé à chaque extrémité une longueur très petite ε. Les surfaces Σ' et Σ'' diffèrent chacune très peu de l'ensemble de deux faces du tétraèdre, séparées le long de leur arête commune, et raccordées par un ruban étroit qui suit l'arête opposée.

Si le tétraèdre est régulier, Γ_1 et Σ ont les mêmes axes de symétrie que lui. Soient O le centre du tétraèdre, M le milieu de AC, N celui de AD; OM, ON et le quart du contour Γ_1 forment un pentagone qui limite le quart Σ_1 de Σ; Σ_1 étant supposé déterminé, on obtient par symétrie les trois autres quarts, et il résulte du principe de Schwarz que les quatre quarts se raccordent et forment une surface minima Σ limitée à Γ_1. La projection de Σ_1 sur ACD représentant au moins $2/3$ de l'aire S de ce triangle, l'aire de Σ est $> 8S/3 > 2S$; il existe donc deux autres surfaces minima, symétriques l'une de l'autre, d'aire $< 2S$, limitées à Γ.

Cette démonstration, basée sur la symétrie et indépendante du n° 1, s'applique presque sans changement aux trois exemples suivants :

2° Un quadrilatère sphérique, Γ_2, dont les côtés ont la même longueur $\pi - \varepsilon$, et ont pour milieux les quatre sommets d'un carré inscrit dans un grand cercle. Les diagonales de ce carré sont axes de symétrie et sont situées sur la surface-col Σ.

(¹) Séance du 20 janvier 1947.

3° L'octogone Γ_3 inscrit dans Γ_2, ayant pour sommets ceux de Γ_2 et les milieux de ses côtés. On peut aussi le définir en partant d'un octaèdre régulier et dédoublant deux de ses sommets comme on a défini Γ_1 en dédoublant deux arêtes d'un tétraèdre; ou bien en prenant pour sommets les milieux des côtés de Γ_1.

4° La biquadratique

$$(\Gamma_4) \qquad x^2+y^2+z^2=1, \qquad xy=\eta z \qquad (\eta \text{ petit}),$$

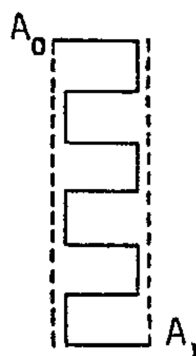
qui passe par les sommets de Γ_3 (et plus généralement toute biquadratique différant très peu de l'ensemble de deux coniques). Quand ε et η tendent vers zéro, Γ_2 et Γ_4 ont la même limite.

5° Un hexagone ABCA'DE, A étant voisin de A' et B du milieu de DE.

6° Soient Γ' et Γ'' deux quelconques des contours des types précédents. En enlevant à chacun un petit arc (MM' pour Γ', NN' pour Γ''), et joignant MN et M'N', on obtient un contour Γ_6 pour lequel le problème de Plateau a 9 solutions (on peut de même en obtenir 3^p).

7° En reliant de la même manière deux circonférences voisines l'une de l'autre sur un cylindre, on obtient une courbe particulièrement simple pour laquelle il y a trois solutions.

8° Soient r, θ, z des coordonnées sphériques; C_p, une courbe enroulée sur le cylindre $r=1$, admettant les n plans de symétrie $\theta=\nu\pi/n$, et coupant en un point A_ν et un seul chaque génératrice $\theta=\nu\pi/n$. L'arc A_0A_1, comme la figure ci-contre l'indique pour $p=3$, est composé de $2p+1$ lignes $z=z_k$ alternant avec $2p$ segments des génératrices $\theta=\varepsilon$ et $\theta=\pi/n-\varepsilon$.



En complétant la circonférence $z=z_k$, on obtient $2n+1$ contours partiels. Si k est pair, pour ε assez petit, on obtient à l'aide du principe du n° 1 une surface minima Σ_k limitée à C_p, peu différente de la réunion du cercle $z=z_k$, et de $2n$ surfaces égales qui, si n est grand, sont voisines du cylindre et en recouvrent à peu près la moitié (entre les plans z_0 et z_{2p}). Elles donnent, pour l'aire limitée à C_p, des minima relatifs; d'où l'existence de p surfaces-cols, et par suite, en tout, de $2p+1$ surfaces minima limitées à C_p [2].

---

[2] La même circonstance se présente, si p est impair, pour la courbe $r=a+b\cos p\theta/2$, $z=c\sin p\theta/2 (a>b>0)$; $p+1$ de ces surfaces se définissent par des considérations de symétrie, analogues à celles du 1°. (Note rajoutée à la correction des épreuves.)

Les hauteurs $z_{k+1} - z_k$ des étages peuvent varier avec k. Si elles forment une suite symétrique, les droites $z = z_p$, $\theta = (\nu + 1/2)\pi/n$ sont axes de symétrie, et leurs segments $r < 1$ sont sur la surface Σ_p, qu'on peut ainsi étudier par le procédé indiqué à propos de Γ_1. Pour r très petit, $z - z_p$ est de la forme $\lambda r^n \cos n\theta$.

En faisant varier les hauteurs en fonction de k, on peut s'arranger pour que les $p+1$ minima relatifs soient égaux. On a ainsi pour l'aire limitée à C_p un minimum absolu réalisé par $p+1$ surfaces (³).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la constitution des brouillards obtenus par pulvérisation pneumatique.* Note (¹) M. **Guy Littaye**, présentée par M. Henri Villat.

Le diamètre des gouttes qui constituent un brouillard conditionne dans une large mesure l'évaporation du liquide et, le cas échéant, le délai d'inflammation et la durée de la combustion du brouillard. Aussi de nombreux travaux concernent-ils la mesure de ce diamètre. La méthode la plus généralement employée consiste à recueillir les gouttes sur un support approprié et à mesurer leur diamètre au microscope. Par opposition aux autres méthodes qui visent seulement à déterminer un diamètre moyen, ce procédé permet de tracer les courbes de fréquence représentant la répartition statistique du diamètre autour de la valeur moyenne. Ce procédé n'a pas été appliqué systématiquement à l'étude des brouillards obtenus par pulvérisation pneumatique, brouillards dont la constitution a été d'ailleurs peu étudiée. Je me suis proposé de combler cette lacune.

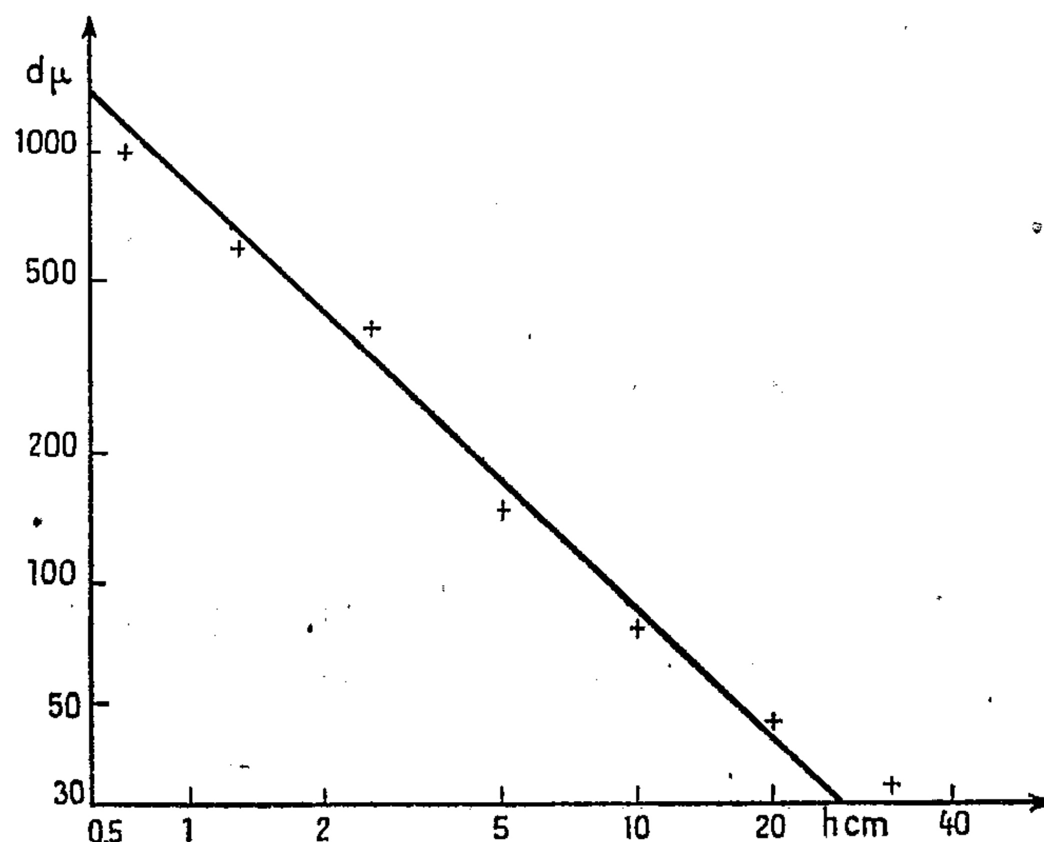
Pour représenter simplement la constitution du brouillard, j'utilise un diamètre moyen d_m ainsi défini : la moitié du volume total liquide est contenue dans les gouttes de diamètre inférieur à d_m. Je considère d'autre part deux diamètres a et b tels que un dixième du volume total du liquide soit contenu dans les gouttes de diamètre inférieur à a et un autre dixième dans les gouttes de diamètre supérieur à b. La valeur ϑ du rapport $(b - a) : d_m$ que je désigne sous le nom d'écart relatif, caractérise la complexité du brouillard plus simplement que les courbes de fréquence.

Le procédé de captation mécanique des gouttes consiste, dans le cas d'un brouillard obtenu par pulvérisation pneumatique, à exposer une plaque huilée

(³) Le fait qu'il puisse exister plusieurs surfaces minima limitées à une courbe nous oblige à préciser un énoncé de notre précédente Note (*Comptes rendus*, 223, 1946, p. 881). Nous avons dit que le corps $\mathcal{K}_2(C)$ déterminé par une courbe fermée C est la surface minima limitée à C; cet énoncé est en défaut s'il y en a plusieurs, et aussi s'il n'y en a qu'une et qu'elle ait une ligne double (ce qui peut arriver même pour un contour sans nœud).

(¹) Séance du 13 janvier 1947.

dans le brouillard entraîné par le courant gazeux. Son emploi exige certaines précautions que j'ai indiquées précédemment (²).



En utilisant l'eau comme liquide et diverses vitesses de l'air de pulvérisation, j'ai obtenu les résultats indiqués dans le tableau ci-contre :

Pression dynamique $1/2\,\rho v^2$ dans la veine gazeuse (cm de mercure).............	0,6	1,2	2,4	5	10	20	36
Vitesse de l'air de pulvérisation (m : s)...	36	52	72	103	142	194	249
Diamètre moyen d_m des gouttes (μ)......	1000	610	380	140	78	45	33
Écart relatif $\mathfrak{E}$........................	1,16	1,16	1,77	1,25	1,00	0,89	0,77

L'écart relatif varie peu avec la vitesse de l'air de pulvérisation. La complexité du brouillard est sensiblement indépendante de cette vitesse. La variation du diamètre moyen en fonction de la pression dynamique dans la veine gazeuse est représentée, en coordonnées logarithmiques, sur la figure ci-contre. Sauf peut-être pour les pulvérisations les plus fines, le diamètre moyen est inversement proportionnel à la pression dynamique dans la veine. Des considérations théoriques conduisent à une loi semblable de variation pour le diamètre des plus grosses gouttes qui se trouvent en équilibre dans le courant gazeux; j'ai déjà vérifié ce résultat par l'étude du seuil de pulvérisation d'un jet liquide (³). Les résultats obtenus maintenant semblent montrer que, pour des liquides peu visqueux, la viscosité n'intervient pas plus dans l'éclatement des grosses gouttes qui fournit les gouttes fines que dans les conditions d'équilibre des grosses gouttes elles-mêmes.

(²) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 260.
(³) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 99.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Les écoulements subsoniques dans une tuyère de Laval.* Note de M. **Jean Villey**, présentée par M. Henri Villat.

Les équations rappelées dans une Note récente [1], où elles nous ont donné immédiatement la position de la section sonique lorsque le régime d'écoulement de Laval est établi, permettent aussi d'obtenir des résultats intéressants relatifs aux écoulements partout subsoniques ($\xi < 1$) réalisés dans la même tuyère lorsque la différence $(p_0 - p_5)$ entre les pressions des réservoirs d'amont et d'aval est trop faible pour atteindre le régime de Laval.

On sait que cette phase comporte au col — ou plus exactement au voisinage du col — un maximum de la vitesse d'écoulement u et du volume spécifique v, et un minimum de la température T et de la pression p.

Les sections où se localisent ces maxima et minima sont définies par les valeurs de ds/s immédiatement écrites ci-dessous, en se référant aux équations (1), (2), (3) et (4) de la Note susvisée.

$$(7)\qquad du = 0 \quad \text{pour} \quad \frac{ds}{s} = \xi(\gamma - 1)\frac{\delta q}{u^2} + \xi\gamma\frac{\delta w}{u^2},$$

$$(8)\qquad dv = 0 \quad \text{»} \quad \frac{ds}{s} = (\gamma - 1)\frac{\delta q}{u^2} + \gamma\frac{\delta w}{u^2},$$

$$(9)\qquad d\mathrm{T} = 0 \quad \text{»} \quad \frac{ds}{s} = (\xi\gamma - 1)\frac{\delta q}{u^2} + \xi\gamma\frac{\delta w}{u^2},$$

$$(10)\qquad dp = 0 \quad \text{»} \quad \frac{ds}{s} = \xi(\gamma - 1)\frac{\delta q}{u^2} + [1 + \xi(\gamma - 1)]\frac{\delta w}{u^2}.$$

Dans le cas particulier de l'isentropie adiabatique ($\delta q = \delta w = 0$), ces quatre équations se réduisent simultanément à $ds = 0$, c'est-à-dire que les quatre maxima ou minima sont situés au col.

Hors ce cas particulier, on ne pourra pas les faire coïncider dans une même section. En effet, si nous posons $\delta q = k\,\delta w$, de façon à mettre $\delta w/u^2$ en facteur, il faudrait trouver pour k une valeur qui rende égales entre elles les quatre expressions

$$(11)\qquad k\xi(\gamma - 1) + \xi\gamma = k(\gamma - 1) + \gamma = k(\xi\gamma - 1) + \xi\gamma = k\xi(\gamma - 1) + 1 + \xi(\gamma - 1)$$

relatives aux valeurs stationnaires de

$$u \qquad v \qquad \mathrm{T} \qquad p$$

Cela donne trois équations du premier degré en k. Elles tendent vers des identités (quel que soit k) lorsque ξ tend vers 1 : les diverses sections stationnaires tendent simultanément vers la position de la section sonique du régime de Laval. Mais, pour $\xi < 1$, elles ne sont pas compatibles.

---

[1] *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 27.

On peut, par contre, chercher une valeur de k qui fasse coïncider deux des sections stationnaires, arbitrairement choisies. Les valeurs ainsi données pour k par les six équations obtenues en égalant deux à deux les quatre expressions (11) sont indiquées dans le tableau ci-dessous

	v.	T.	p.
u	$-\frac{\gamma}{\gamma-1}$	0	∞
v	–	-1	-1
T	–	–	-1

Chacune d'elles provoque la coïncidence des sections stationnaires des deux grandeurs indiquées dans la ligne et dans la colonne dont elle occupe l'intersection.

La relation $\delta q = -[\gamma/(\gamma-1)]\delta w$ donne, par (7) et (8), $ds/s = 0$; c'est-à-dire qu'elle maintient les maxima de u et de v exactement au col. Par (9), elle donne $ds/s = (\gamma/\gamma-1)(1-\xi)\delta w/u^2$, et, par (10), $ds/s = (1-\xi)\delta w/u_2$; c'est-à-dire que le minimum de p est un peu en aval, et le minimum de T encore un peu plus loin en aval. Mais ces deux dernières sections stationnaires tendent progressivement vers le col à mesure que ξ tend vers 1; on aboutit finalement à la section sonique au col signalée dans la précédente Note pour cette valeur de $\delta q/\delta w$.

La valeur $k=0$ correspond à l'adiabaticité ($\delta q = 0$). La coïncidence du maximum de u avec le minimum de T est alors prévue par l'équation de l'enthalpie $2\,\mathrm{CT} + u^2 = \text{const.}$

La valeur $k = \infty$ correspond à l'écoulement sans frottements ($\delta w = 0$). Les variations de u sont alors dues seulement à la résultante des pressions, ce qui fait coïncider le maximum de u avec le minimum de p.

Enfin la valeur $k = -1$ correspond à l'isentropie réalisée par compensation ($\delta q = -\delta w$). Elle fait coïncider les valeurs stationnaires de p, v et T simultanément, comme l'exigent les équations $pv^\gamma = \text{const.}$ et $pv = \mathrm{RT}$. On remarquera que c'est le seul moyen (l'isentropie adiabatique $\delta q = \delta w = 0$ en est un cas particulier) de réaliser une évolution polytropique $pv^m = \text{const.}$

On peut, avec les équations (7 à 10), étudier les déplacements des diverses sections stationnaires au fur et à mesure que des valeurs croissantes de $(p_0 - p_s)$ donnent au ξ maximum des valeurs croissantes de zéro jusqu'à 1. Les caractéristiques de position s'/s de ces sections varient en fonction des deux valeurs de u^2 et $\xi = u^2/\gamma\mathrm{RT}$ qui y sont atteintes, non seulement directement, mais aussi par l'intermédiaire des taux $\delta q/dx$ et $\delta w/dx$.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Pourquoi le proton possède-t-il une charge positive ?* Note de M. **Gérard Petiau**.

La théorie quantique des interactions permet de préciser certains aspects de la notion de charge positive du proton par rapport à la notion de charge négative de l'électron dans un état d'énergie positive.

A cet effet, nous considérons l'interaction s'exerçant par l'intermédiaire d'un champ de photon entre un corpuscule (1) dont nous ne précisons pas à priori la nature et un électron (2) dans un état d'énergie positive.

Les fonctions d'ondes du corpuscule (1) sont les solutions de l'équation d'onde linéaire

$$\left[\frac{1}{i}\,\frac{1}{c}\,\partial_t A_0+\sum_p\left(-\frac{1}{i}\right)\partial_p A_p+\frac{2\pi}{h}M_0\,c\,A_4\right]\Phi=0.$$

A_0, A_p, A_4 sont des matrices que nous n'explicitons pas pour l'instant. $U_0=\Phi^* A_0 \Phi$ est la densité de présence de ce corpuscule. Celui-ci est en interaction avec un électron de Dirac de charge e, dans un état d'énergie positive dont les fonctions d'ondes ψ sont solutions de

$$\left[\frac{1}{i}\,\frac{1}{c}\,\partial_t+\sum_p\left(-\frac{1}{i}\right)\partial_p\alpha_p+\frac{2\pi}{h}m_0\,c\,\alpha_4\right]\Psi=0.$$

Nous supposerons d'abord (1) dans un état d'énergie positive. Nous décrivons l'interaction entre (1) et (2) suivant les processus considérés dans les théories de l'électron et du méson par des échanges de quantité de mouvement entre (1) passant de l'état (01) à l'état (1) et le champ photonique, puis entre ce champ et (2) passant de l'état (02) à l'état (2) et réciproquement, le calcul étant analogue à celui développé par M. L. de Broglie [1] pour les interactions électroniques. Nous désignons par g la constante d'interaction entre (1) et le champ photonique.

Les corpuscules (1) et (2) étant représentés par les ondes planes normalisées dans le volume v

$$\Phi_m=\frac{1}{\sqrt{v}}\varphi_m e^{i[K_m ct-\vec{K}_m\vec{r}]},\qquad \Psi_m=\frac{1}{\sqrt{v}}a_m e^{i[\vec{K}'_m ct-\vec{K}'_m\vec{r}]},$$

et supposant les mouvements de ces corpuscules voisins du repos et peu perturbés par l'échange avec le champ de photons de la quantité de mouvement $(h/2\pi)\vec{k}$ à laquelle correspond l'énergie $(hc/2\pi)k$, on obtient en première approximation l'élément principal de la matrice de perturbation

$$H'=\frac{ge}{v}\,\frac{(u_0)_{1,01}(1)_{2,02}}{k^2}=\frac{ge}{v}\,\frac{1}{k^2}[\varphi_1^*(A_0)\varphi_{01}][a_2^*(1)a_{02}].$$

De même, si nous considérons le corpuscule (1) dans un état d'énergie négative, l'électron (2) restant dans un état d'énergie positive, on obtient l'élément de matrice $H''=-H'$.

Si l'on cherche à interpréter H' par un potentiel, on voit facilement que H' correspond à un potentiel de forme quasi coulombienne. Les corpuscules étant

(1) *Une nouvelle théorie de la lumière*, 2, Chap. IX, 1942, Paris.

représentés par des ondes planes, les densités de présence $(u_0)_{1,01}$ et $(1)_{2,02}$ sont des constantes et $(u_0)_{1,01}$ peut s'interpréter au signe près comme la densité de présence d'un corpuscule de Dirac $(1')_{1,01}$. H' correspond alors au potentiel $\pm(ge/4\pi)(e^{-k_0 r}/r)$ entre deux corpuscules de Dirac, le signe + correspondant au cas $(u_0)_{1,01} > 0$, le signe — au cas $(u_0)_{1,01} < 0$, k_0 étant la constante de masse infiniment petite du photon. Réciproquement, si le corpuscule (1) était dans un état d'énergie négative, nous serions conduit au potentiel $\mp(ge/4\pi)(e^{-k_0 r}/r)$.

Le corpuscule (1) pourra donc être considéré comme un proton de charge positive dans les trois cas suivants :

1° $g = -e$, $(u_0)_{1,01} > 0$, énergie positive. La charge positive est due à la valeur particulière de la constante d'interaction;

2° $g = +e$, $(u_0)_{1,01} > 0$, énergie négative. Les états protoniques sont symétriques des états électroniques;

3° $g = +e$, énergie positive, $(u_0)_{1,01} < 0$.

La densité de présence est représentée par une forme définie négative.

Ce dernier cas nous offre une nouvelle possibilité dont l'éventualité ne semble pas avoir été discutée jusqu'ici. Nous le rencontrons dans la théorie générale des corpuscules de spin quelconque ([2]).

Considérons, par exemple, le cas du corpuscule de spin total maximum $(3/2)(h/2\pi)$ pour lequel nous avons

$$A_0 = \frac{1}{3}[\alpha_0^{(1)}\alpha_4^{(2)}\alpha_4^{(3)} + \alpha_4^{(1)}\alpha_0^{(2)}\alpha_4^{(3)} + \alpha_4^{(1)}\alpha_4^{(2)}\alpha_0^{(3)}],$$

$$A_p = \frac{1}{3}[\alpha_p^{(1)}\alpha_4^{(2)}\alpha_4^{(3)} + \alpha_4^{(1)}\alpha_p^{(2)}\alpha_4^{(3)} + \alpha_4^{(1)}\alpha_4^{(2)}\alpha_p^{(3)}],$$

$$A_4 = \alpha_4^{(1)}\alpha_4^{(2)}\alpha_4^{(3)}.$$

On voit immédiatement que $3A_0^2 - 2A_0 - 1 = 0$.

Les valeurs propres de A_0 sont $\lambda_1 = +1$, $\lambda_2 = -1/3$.

D'autre part, les fonctions d'ondes Φ se répartissent en deux classes correspondant à des états de masse propre apparente M_0 et $3M_0$, suivant que l'on a

$$\left[\square + \left(\frac{2\pi}{h} M_0 c\right)^2\right]\Phi = 0 \qquad \text{ou} \qquad \left[\square + \left(\frac{2\pi}{h} 3 M_0 c\right)^2\right]\Phi = 0.$$

On voit facilement que dans le système propre, les fonctions d'ondes non nulles dans l'état de masse M_0 correspondent à la valeur propre $\lambda_1 = 1$ de A_0 tandis que les fonctions d'ondes non nulles dans l'état de masse propre apparente $3M_0$ correspondent à la valeur propre $\lambda_2 = -(1/3)$ de A_0.

Par suite, l'état de masse propre apparente $3M_0$ nous donne pour valeur principale de la densité de présence au voisinage du repos une forme définie négative du type $-(1/3)\Sigma a_i^* a_i$.

([2]) G. Petiau, *J. de Physique*, 4, 1946, p. 124; 6, 1946, p. 181.

La considération d'un corpuscule de spin total maximum $3/2\,(h/2\pi)$ *dans l'état de masse propre apparente* $3\,M_0$ *et de spin total* $1/2\,(h/2\pi)$ *permet donc de représenter un proton de charge positive dans un état d'énergie positive en considérant la constante e comme caractéristique du champ photonique et non plus des corpuscules (électrons, protons, ..) en interactions.*

RELATIVITÉ. — *Sur la dynamique des systèmes de points.* Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**.

L'électromagnétisme, avec Maxwell, a conçu l'énergie potentielle comme distribuée dans le champ, et a défini un tenseur élastique du champ M^{uv}; avec Abraham et Poincaré, et à partir de M^{uv}, il a défini de même une impulsion potentielle, en connexion avec le rejet du postulat de l'égalité à distance de l'action et de la réaction ($u, v = 1, 2, 3$). Cherchons à introduire des notions analogues en mécanique rationnelle abstraite, en raisonnant dans le cadre de la théorie relativiste du spin ([1]).

Admettons qu'il règne, en tout instant-point du champ d'interaction de N points matériels A_p, une densité de force et une densité de couple ([2]) latentes f^i et $m^{ij}(i, j, k, l = 1, 2, 3, 4)$; elles ne s'actualisent qu'au sein de la matière, et elles comprennent alors les densités inertiques $\partial_k T^{*ik}$ et $\partial_k \sigma^{*ijk}$; provisoirement, nous assimilons les N trajectoires du genre temps (A_p) à des hypertubes non infiniment déliés, à l'hypercloison courante desquels sont attachés l'impulsion-masse et le spin

$$\delta p^i = T^{*ik}\,\delta u_k, \qquad \delta s^{ij} = \sigma^{*ijk}\,\delta u_k; \tag{1}$$

$ic\,\delta u^l$ désigne le dual de l'élément trilinéaire $[dx^i\,dx^j\,dx^k]$; tout à l'heure, étranglant les hypertubes et passant à la limite, nous admettrons que les δp^i et δs^{ij} attachés au δu_k courant restent finis. Enfin, admettons que f^i et m^{ij} dérivent d'une densité d'impulsion-énergie T^{ij} et d'une densité de spin, antisymétrique sur i, j, σ^{ijk} du champ, suivant

$$f^i = \partial_k T^{ik}, \qquad m^{ij} = T^{ij} - T^{ji} + \partial_k \sigma^{ijk}. \tag{2}$$

L'équilibre dynamique, au sens de d'Alembert, exige qu'on ait en chaque instant-point

$$f^i = 0, \qquad x^j f^i - x^i f^j + m^{ij} = 0; \tag{3}$$

intégrant ces formules dans le domaine quadridimensionnel balayé par une hypercloison curviligne du genre espace $\mathcal{E}_\theta$ se déplaçant, vers les temps

(1) Voir à ce sujet notre *Théorie des milieux continus doués d'une densité de moment cinétique propre* (*Journal de Mathématiques*, XXII, 2, 1943, pp. 118-136).

(2) Nous avons défini cette notion aux *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 499.

croissants, d'un état 1 à un état 2; compte tenu des (1) et (2), transformant en intégrale triple, et admettant que les densités T^{ij} et σ^{ijk} décroissent suffisamment vite à l'infini spatial; effectuant enfin le passage à la limite annoncé, il vient les deux équations tensorielles

$$(4)\qquad \left\{ \sum p^i + \iiint T^{ik}\, \partial u_k \right\}_\theta = P^i_0,$$

$$(5)\qquad \left\{ \sum [x^j p^i - x^i p^j + s^{ij}] + \iiint [x^j T^{ik} - x^i T^{jk} + \sigma^{ijk}]\, \partial u_k \right\}_\theta = C^{ij}_0;$$

P^i_0 et C^{ij}_0 sont deux constantes tensorielles, dites respectivement *impulsion-masse totale* et *moment cinétique-moment barycentrique total* du système points + champ; les { } des premiers membres sont calculées sur l'hypercloison courante $\mathcal{E}_\theta$ précédemment introduite.

En l'absence de spin, $\sigma^{ijk} \equiv 0$, $s^{ij} \equiv 0$, $x'^j p^i - x'^i p^j \equiv 0$, l'équation (5) devient conséquence de (4).

Les équations (4) et (5) présentent, sous une forme condensée, l'expression relativiste des théorèmes généraux de la dynamique des systèmes de points, en l'absence de forces extérieures. Mais l'énoncé tout abstrait que nous donnons de ces théorèmes n'achemine aucunement à la solution effective d'un problème particulier : toute la question, alors, réside dans la liaison à établir entre les formes des trajectoires (A_p), et la distribution des tenseurs T^{ij} et σ^{ijk} dans le champ d'interaction.

OPTIQUE. — *Sur l'énergie effectivement absorbée dans une lame métallique mince.* Note [1] de M. **Pierre Cotton**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les ondes hertziennes et les ondes lumineuses sont des ondes électromagnétiques, qui ne diffèrent que par leur longueur d'onde. Leurs équations de propagation sont les mêmes et elles possèdent un grand nombre de propriétés communes (réflexion, réfraction, diffraction). Mais à ma connaissance il n'a jamais été signalé de phénomènes de résonance en Optique, en donnant à ce terme la signification qu'il a, par exemple, dans l'étude des systèmes oscillants ou des antennes. Dans de tels systèmes, la résonance se caractérise par des maxima et des minima de l'énergie absorbée, lorsque la longueur d'onde, ou la période propre de l'appareil récepteur passent par des valeurs bien définies, l'amplitude de l'onde incidente restant fixe; les fréquences de l'onde incidente qui donnent lieu à la résonance sont déterminées, par exemple, par la période propre, supposée fixe, du système oscillant.

Si l'on définit ainsi la résonance, on peut trouver en Optique, dans l'étude des lames minces métalliques, des exemples de tels phénomènes.

Considérons une lame métallique mince d'indice complexe $n_1 = \nu_1 - j\chi_1$,

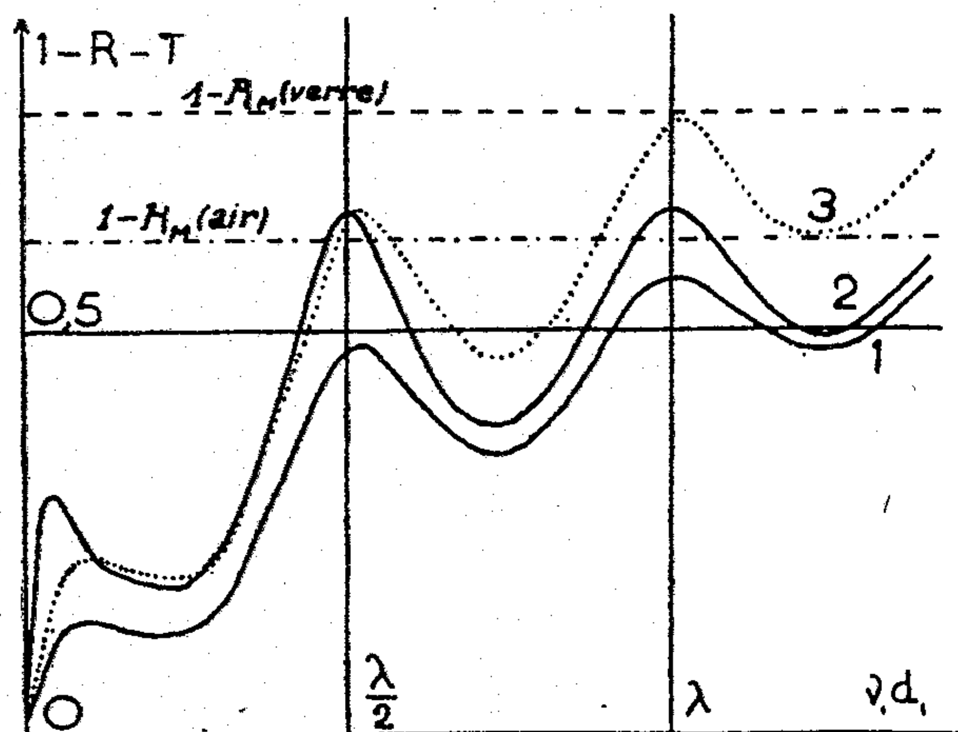
(1) Séance du 27 janvier 1947.

d'épaisseur d_1, séparant deux milieux d'indices n_0 et n_2. Envoyons normalement à cette lame, sous forme de radiations de longueur d'onde λ dans le vide, une quantité d'énergie W_0. Une partie (RW_0) sera réfléchie, une autre (TW_0) sera transmise. L'énergie absorbée dans la lame sera, en négligeant les pertes par diffusion, $W_A = W_0(1 - R - T)$. Cette énergie se transformera en chaleur. Le rapport entre l'énergie dissipée dans la lame et l'énergie incidente sera donc

$$A = \frac{W_A}{W_0} = 1 - R - T.$$

La théorie électromagnétique de la lumière et les équations de passage qui en sont la conséquence permettent de calculer le facteur de réflexion et le facteur de transmission théorique de la lame en fonction de son indice et de son épaisseur, des indices des milieux qui baignent la lame et de la longueur d'onde de la lumière incidente. Une méthode graphique simple ([2]) permet le tracé rapide et précis des courbes de variations des facteurs de réflexion et de transmission en fonction de l'épaisseur de la lame. Si l'on détermine, à partir de ces courbes, les variations du rapport $A = 1 - R - T$ en fonction de l'*épaisseur optique* de la lame $\nu_1 d_1$, on constate les faits suivants :

1° Le rapport A ne varie pas de façon simple avec *l'épaisseur optique* de la lame. On ne peut lui donner une forme exponentielle que pour des épaisseurs très grandes. La limite de A pour des épaisseurs infinies est égale à $1 - R_M$ (R_m facteur de réflexion du métal massif au contact du milieu considéré).



2° Pour des valeurs convenables de l'indice du métal constituant la couche (ν_1 grand, χ_1 faible), la courbe de variation de A en fonction de l'épaisseur présente des maxima et des minima bien marqués. Deux maxima ou minima successifs

([2]) PIERRE COTTON, *Détermination graphique des propriétés optiques des lames minces simples ou complexes* (à l'impression aux *Annales de Physique*).

correspondent à des *épaisseurs optiques* différant entre elles de $\lambda/2$. Les courbes théoriques relatives au silicium présentent cette particularité de façon très nette. Pour les lames minces de silicium ($n = 4,24 - j\,0,483$ pour $\lambda = 0,589\,\mu$) déposées sur verre, le phénomène doit se produire aussi bien côté air ($n_0 = 1$) (*fig.* 1, courbe 1) que côté support (courbe 3) ($n_2 = 1,52$). On le retrouve également pour les lames sans support ($n_0 = n_2 = 1$). Pour de telles lames l'énergie absorbée peut, théoriquement, dépasser l'énergie absorbée par réflexion sur le métal massif (courbe 2) : *l'accord* de la lame considérée comme résonnateur avec la période de vibration incidente peut entraîner une absorption d'énergie plus grande pour le métal en lame mince que pour le métal massif.

L'étude expérimentale de ce phénomène pourrait se faire par mesure directe de l'échauffement de la lame. Elle serait assez délicate en raison de la faible valeur des énergies mises en jeu. Mais l'étude indirecte, par mesure du facteur de réflexion et de transmission est possible. Des observations qualitatives, faites sur des lames de silicium déposées sur verre par voie thermique, semblent confirmer le résultat suivant : alors que le facteur de transmission reste constant dans un assez grand domaine d'épaisseur, le facteur de réflexion subit des variations importantes. Des mesures, en cours, permettront de le contrôler quantitativement.

OPTIQUE. — *Sur un réfractomètre relatif enregistreur*. Note de MM. **Pierre Donzelot** et **Georges Camus**, présentée par M. Aimé Cotton.

Cet appareil est destiné à l'étude de cinétiques de réaction en phase liquide homogène. Un premier banc d'optique porte un dispositif collimateur dont la fente, large de quelques millimètres, peut être verticale ou horizontale. Le deuxième banc, articulé avec le premier, porte un objectif qui forme l'image de la fente sur un écran percé d'une ouverture rectangulaire dont les bords horizontaux sont mobiles. Une lentille condense la lumière issue de l'ouverture sur la surface sensible d'une cellule photoélectrique au sélénium. Une plateforme ayant même axe que l'articulation des bancs porte une cuve prismatique (60°).

L'appareil étant au voisinage du minimum de déviation, une variation de l'indice du liquide contenu dans la cuve entraîne un déplacement de l'image de la fente sur l'écran, donc une variation du flux lumineux traversant l'ouverture. Les variations du courant débité par la cellule sont traduites par un galvanomètre et enregistrées.

On peut atteindre la cinquième décimale; ainsi pour une variation d'indice de $31,6.10^{-5}$, on observe une déviation de 80^{mm}, soit $2^{mm},5$ pour une unité de la cinquième décimale. L'appréciation de la déviation est faite à un demi-millimètre près.

La longueur d'onde utilisée pour la source doit être telle que le coefficient d'absorption ne change pas au cours de la réaction. La fente doit être éclairée de façon spéciale, la source est une lampe à incandescence sous-voltée éclairant un orifice de petite dimension; une lentille plan-convexe accolée à la fente joue le rôle de lentille collectrice.

En jouant sur l'orientation de la fente et la distance des bords horizontaux de l'écran, on peut obtenir toute la longueur d'échelle de l'enregistreur pour la variation totale étudiée.

OPTIQUE. — *Sur un perfectionnement de l'interféromètre Rayleigh-Löwe-Zeiss.* Note de M. **Yves Doucet** et Mlle **Janine Desfretière**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le perfectionnement indiqué est relatif à l'interféromètre Haber-Löve à cuve d'eau (1), pour solutions, dans lequel le champ interférométrique est produit par un procédé utilisé autrefois par Lord Rayleigh (2).

Il est bien connu que la courbe d'étalonnage se compose d'une série de droites décalées en échelons (3). Ce fait oblige à disposer d'un grand nombre de solutions-étalons et rend les mesures très délicates au passage de chaque discontinuité.

L'un de nous a montré ailleurs (4) que la présence de ces décalages successifs est due à la variation de l'ordre d'interférence de la frange achromatique. En désignant par λ_a la longueur d'onde d'achromatisme, l la longueur des cuves, n l'indice du verre du compensateur et B son coefficient de dispersion défini par $n = A + (B/\lambda^2)$, ν la différence d'indice solution-eau et ρ la différence de dispersion telles que $\nu = \alpha + (\beta/\lambda^2)$, on trouve que la frange achromatique a pour ordre d'interférence

$$(1) \qquad p_a = \frac{2l}{\lambda_a} \frac{|\beta n - BN\nu|}{n\lambda_a^2 + 2BN}, \quad \text{avec } N = \frac{2n^2}{(2n^2-1)\left[(2n^2-1)^{\frac{1}{2}} - 1\right]}.$$

Avec des solutions de différences d'indice ν croissantes, l'ordre d'interférence va aussi en croissant. Lorsqu'il passe par la valeur $K + 1/2$ avec K entier, il n'y a plus, à proprement parler, de frange blanche achromatique, mais, en réalité, deux franges voisines quasi achromatiques. C'est la position d'une discontinuité.

Pour supprimer les échelons de la courbe, il faut donc que p_a soit constant.

---

(1) *Z. angew. Chem.*, 23, 1910, p. 1393.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, 59, 1896, p. 203.

(3) Hallwachs, *Ann. Phys.*, 47, 1892, p. 380.

(4) Y. Doucet, *Journ. de Phys.*, 4, 1943, p. 258.

La seule valeur possible qui soit indépendante de ν est zéro. La condition est donc

$$\frac{\beta}{\nu} = \mathrm{N}\frac{\mathrm{B}}{n}.$$

Cette égalité est réalisable si l'on dispose d'un jeu de verres de compensateur. Les catalogues des verriers indiquent, pour une fabrication courante, une série telle que l'expression $\mathrm{N}(\mathrm{B}/n)$ varie depuis 38.10^{-4} pour les crowns légers, jusqu'à 85.10^{-4} pour les flints denses (λ en μ). Les industriels savent, sur demande, étendre encore ce domaine.

Le quotient β/ν relatif au liquide en étude peut être calculé à partir des données fournies par les Tables de Constantes, ou bien déterminé sur une courbe préliminaire avec un compensateur qui donne les discontinuités qu'on cherche justement à éliminer. D'ailleurs, le tracé de la courbe peut s'arrêter dès que la place de la première discontinuité ($\mathrm{K} = 0$) est connue.

Ces considérations théoriques ont été vérifiées expérimentalement. Le compensateur d'un appareil de Zeiss était construit avec un verre d'indices :

$$n_{\mathrm{C}} = 1,51436,$$
$$n_{\mathrm{D}} = 1,51679,$$
$$n_{\mathrm{F}} = 1,52240,$$

ce qui donne

$$\mathrm{B} = 42,4.10^{-4} \quad \text{et} \quad \mathrm{N.B}/n = 40.10^{-4}.$$

L'essai a porté sur des solutions de sulfate de zinc cristallisé. Le réfractomètre Féry donne, entre ν et la concentration c, la relation linéaire aux faibles concentrations

$$\nu = 1,8.10^{-4}\,c,$$

la concentration étant exprimée en grammes de sulfate anhydre pour 1000^{g} de solution. Les discontinuités se produisent pour des concentrations telles que

$$\nu_1 = 3,1.10^{-4}, \quad \nu_2 = 9,3.10^{-4}, \quad \nu_3 = 15,5.10^{-4}.$$

De la formule (1) on tire $\beta/\nu = 83.10^{-4}$. C'est d'ailleurs ce que donnent, avec une moins bonne approximation, les Tables des Constantes. Un compensateur en flint dense pour lequel $n_{\mathrm{D}} = 1,75686$, $\mathrm{B} = 147,15.10^{-4}$ et $\mathrm{N.B}/n = 79,5.10^{-4}$ a été monté sur l'appareil.

Il a fourni une courbe d'étalonnage sans aucune discontinuité jusqu'à la concentration de 13,37 % correspondant à l'extrémité de la course de la vis qui commande l'inclinaison de la lame.

Un verre aussi bien adapté peut ne pas toujours exister. Mais alors la formule (1) indiquera le verre à choisir qui repoussera le plus loin possible la première discontinuité. Dans tous les cas nous pensons que la méthode pourra rendre de grands services.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Vitesse de mouillage d'un solide pulvérulent par un liquide.* Note de M. ROBERT L. BATICLE, présentée par M. Louis Hackspill.

La tension d'adhérence et la chaleur de mouillage sont les deux grandeurs les plus employées pour caractériser le mouillage d'un solide pulvérulent par un liquide. Ces deux quantités sont des fonctions simples de l'énergie dépensée dans le processus de mise en contact du liquide et du solide.

Dans le premier cas, on mesure la pression gazeuse nécessaire pour s'opposer à la pénétration du liquide dans les pores subsistant dans un bloc de poudre comprimée. Dans le second, on détermine la quantité de chaleur dégagée lors de l'imbibition de la poudre par le liquide.

Dans les deux cas, on attend qu'un équilibre s'établisse, ce qui élimine deux facteurs : la viscosité et le temps.

A cette conception statique, peut s'ajouter un aspect dynamique : la vitesse de mouillage. Le terme a déjà été employé par Sauer et Gussmann (1), qui avaient repris les expériences de Freundlich, Enslin et Lindau (2). Mais leur appareillage apportait des incertitudes dans les résultats expérimentaux et l'interprétation de ceux-ci n'était pas allée jusqu'à l'expression d'une loi de pénétration du liquide dans le solide poreux.

Considérons un cylindre de poudre comprimée. La pression P du liquide à l'intérieur des pores peut être donnée par l'application de la loi de Jurin

$$P = \frac{2\sigma\cos\theta}{R},$$

σ, tension superficielle du liquide; θ, angle de raccordement solide/liquide; R, rayon d'un tube cylindrique fictif substitué à l'ensemble des pores.

D'autre part, le déplacement du liquide dans la poudre peut être traduit, sous certaines conditions, par la loi de Poiseuille

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\pi P r^4}{8\eta l},$$

dV/dt, débit du liquide écoulé; l, longueur du tube parcouru; r, rayon d'un tube cylindrique substitué à l'ensemble des pores; η, viscosité du liquide.

Les rayons fictifs R et r sont fonction de la dimension et de la forme des grains, ainsi que du degré de tassement. Ils sont déterminés par le calcul effectué sur une expérience de référence où tous les autres facteurs sont connus. Le plus souvent, ils possèdent des valeurs différentes.

---

(1) *Koll. Zts.*, 82, 1938, p. 253.
(2) *Koll. Beih.*, 37, 1933, p. 242.

A partir de ces deux formules, on trouve la loi d'écoulement

$$t = \frac{3a\eta R}{\pi^2 r^4 S\sigma \cos\theta} l^2.$$

S, surface non occupée par le solide dans la section cylindrique.

a étant une constante dépendant des dimensions de l'appareil employé.

Finalement, pour un couple solide-liquide donné, l'équation du mouvement du liquide dans la poudre comprimée est de la forme

$$t = K l^2,$$

K, constante dépendant du tassement de la poudre.

Pour le vérifier, nous avons fait construire un appareil constitué par un cylindre de laiton dans lequel la poudre est tassée à la presse. A l'extrémité de ce cylindre, est fixé un tube de verre vertical dans lequel on observe la descente du liquide en fonction du temps. L'erreur introduite par le poids de la colonne de liquide est négligeable. On peut calculer qu'elle est au maximum de 0,5 %.

Il est aisé de vérifier la forme parabolique de la courbe.

Elle est rigoureuse, en particulier, pour l'oxyde de titane au contact d'un certain nombre de solvants usuels. Pour le carbon-black, le début des courbes présente une légère irrégularité due peut-être aux phénomènes d'adsorption.

On peut effectuer l'expérience avec un gâteau de pigment déjà mouillé par un liquide. Le déplacement de ce liquide par un autre, de viscosité voisine, se traduit par une droite.

A partir de K, nous avons défini un coefficient k, indépendant du tassement et de l'appareil, que l'on atteint par le calcul.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Activité de dégradation des catalyseurs de la synthèse Fischer et participation du méthane à cette synthèse.* Note de M. **Olivier Gœpfert**, présentée par M. Paul Pascal.

La formation de chaînes hydrocarbonées exige des catalyseurs de la synthèse Fischer une aptitude particulière à unir par des valences simples les radicaux méthylènes et méthyles résultant de la réduction de l'oxyde de carbone par l'hydrogène. On ne peut examiner l'action de ces catalyseurs dans une réaction simple mettant en jeu ce seul phénomène, mais il est aisé d'étudier le processus inverse de rupture de ces liaisons. La meilleure technique à employer dans ce but est celle de Taylor [1], qui consiste à faire agir les catalyseurs sur de l'éthane en présence d'un excès d'hydrogène. Dès 150-160° C., il se produit la réaction

(1) $$C_2H_6 + H_2 = 2CH_4.$$

(1) Morikawa, Benedict et Taylor, *J. Am. Chem. Soc.*, 58, 1936, pp. 1445 et 1795.

Nous avons procédé à une étude de l'évolution du système éthane-hydrogène en présence de catalyseurs Fischer en utilisant les dispositifs analytiques et cinétiques mis au point par Netter ([2]). Nous avons constaté que, malgré un excès d'hydrogène, ce gaz est toujours consommé en quantité bien moindre que l'éthane, comme le montrent les quelques résultats ci-dessous obtenus à 183° :

Temps de réaction.	Mélange initial. H_2.	C_2H_6.	Mélange final. H_2.	C_2H_6.	CH_4.
527	50,21	49,79	29,7	7,7	62,6
1890	50,43	49,57	30,9	4,3	64,8
515	74,95	25,05	57,5	2,7	39,8

Les bilans volumétriques et pondéraux nous ont montré qu'à la réaction (1) s'ajoute une dégradation non hydrogénante de l'éthane selon

(2) $$2C_2H_6 = 3CH_4 + C,$$

que décèle une augmentation de pression. Comme l'avait observé Taylor (*loc. cit.*), le carbone déposé s'hydrogène très lentement en méthane

(3) $$C + 2H_2 = CH_4.$$

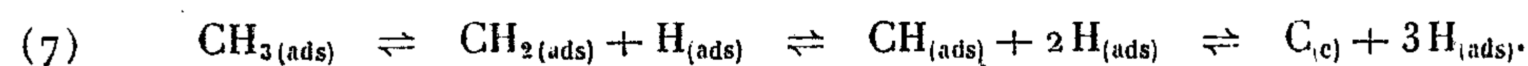
Dans les conceptions actuelles de l'adsorption dissociante, la réaction (1) est décrite par les trois processus d'adsorption-désorption

(4) $$C_2H_{6(g)} \rightleftharpoons 2CH_{3(ads)},$$

(5) $$H_{2(g)} \rightleftharpoons 2H_{(ads)},$$

(6) $$CH_{3(ads)} + H_{(ads)} \rightleftharpoons CH_{4(g)}.$$

Mais l'existence de la réaction (2) impose d'admettre en phase adsorbée, une dissociation plus poussée qui ne peut être que



(7) $$CH_{3(ads)} \rightleftharpoons CH_{2(ads)} + H_{(ads)} \rightleftharpoons CH_{(ads)} + 2H_{(ads)} \rightleftharpoons C_{(c)} + 3H_{(ads)}.$$

Seul ce mécanisme explique que certains radicaux méthyles s'hydrogènent aux dépens des autres, et que le carbone redonne du méthane.

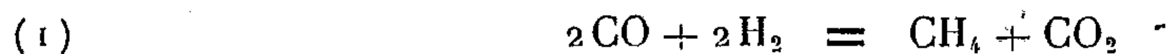
Avec le même catalyseur, Prettre, Eichner et Perrin ([3]) ont démontré la participation du méthane à la synthèse Fischer. Cette participation implique forcément une adsorption importante de méthane selon les processus (6) et (7), qui fournissent des radicaux méthyles et méthylènes prenant place dans les chaînes hydrocarbonées. L'importance de la réaction (2), mise en évidence par le présent travail, confirme pleinement l'aptitude du catalyseur à dissocier en phase adsorbée de notables quantités de méthane, condition indispensable à une participation de ce gaz à la synthèse Fischer.

([2]) *Memorial Serv. Chim.*, 33, 1946 (à l'impression).

([3]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 278.

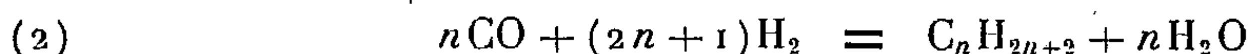
CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Sur l'évolution d'activité des catalyseurs dans la synthèse Fischer.* Note de M. **Marcel Perrin**, présentée par M. Paul Pascal.

Fischer et Meyer (¹) avaient observé qu'à 190° leurs catalyseurs fraîchement réduits engendrent presque uniquement du méthane selon



$$(1) \qquad 2CO + 2H_2 = CH_4 + CO_2$$

Les réactions normales de la synthèse, telles que



$$(2) \qquad nCO + (2n+1)H_2 = C_nH_{2n+2} + nH_2O$$

ne se substituent à (1) qu'après de longues heures de fonctionnement. D'autre part, au-dessus de 225° on n'obtient jamais que du méthane. Craxford (²) avait constaté que la formation du méthane correspond à une grande activité hydrogénante du catalyseur, et que le changement de mécanisme n'a lieu que si ce pouvoir hydrogénant a fortement diminué. Il attribua la production du méthane aux atomes de cobalt et celle de ses homologues aux molécules de carbure de cobalt, le catalyseur se carburant durant l'évolution d'activité.

Au cours de travaux antérieurs (³) nous avons établi que la dilution du gaz de synthèse par un fort volume de méthane entraîne la formation d'hydrocarbures condensables dès la mise en marche d'un catalyseur frais. Désireux d'obtenir de nouvelles indications sur les facteurs régissant l'évolution d'activité, nous avons poursuivi les recherches dans ce domaine. En substituant au méthane un volume égal d'azote, nous avons encore observé la production immédiate d'huile. Ces résultats démontrent qu'il suffit de diminuer les pressions partielles des réactifs habituels $(CO + 2H_2)$ pour inhiber presque complètement la réaction (1). Nos expériences ont confirmé d'autre part que l'abaissement temporaire de la température de synthèse de 190 à 175° ainsi qu'une réduction du débit des réactifs abrègent aussi beaucoup le délai nécessaire au démarage des réactions (2). Pour préciser l'influence du débit nous avons réalisé la synthèse dans des enceintes de volume différent où était maintenue la même vitesse spatiale. Nons avons constaté que la durée de formation préférentielle de méthane diminue avec le volume de l'enceinte, donc avec la vitesse linéaire des réactifs

L'ensemble de ces résultats impose d'envisager un effet thermique proportionnel à la quantité de réactifs envoyée dans l'unité de temps sur les premières couches de catalyseur. Effectivement les mesures de la température

---

(¹) *Brennst. Ch.*, **12**, 1931, p. 225.
(²) *Trans. Far. Soc.*, **35**, 1939, p. 946.
(³) Prettre, Eichner et Perrin, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 278.

du catalyseur frais porté à 190° et soumis à un débit élevé de réactifs non dilués, nous ont montré que les premières couches s'échauffent immédiatement, et atteignent une température d'au moins 240°, ce qui interdit toute réaction autre que (1). Après plusieurs heures de marche, l'activité du catalyseur se modifie, la température baisse, et il se forme des molécules condensables dès que la masse de contact est à 200 ou 210°.

C'est donc à un échauffement du catalyseur que l'on doit la formation exclusive de méthane durant les premières heures de marche, et toute méthode capable de limiter cet échauffement — dilution, baisse de débit, réduction temporaire de température — entraîne immédiatement la prédominance des réactions (2). Il reste à préciser dans la ligne des résultats antérieurs de Craxford, quelles modifications se produisent durant l'échauffement temporaire du catalysateur, et comment elles rétablissent les conditions nécessaires de la synthèse Fischer.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la mobilité de l'ion* OH^- *dans les solutions aqueuses.* Note de M^lle **Geneviève Sutra**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans un travail précédent ([1]) nous avons montré que l'ion H^+ était probablement un proton dans les solutions aqueuses. Les théories du type Grotthus étant de ce fait inutiles pour H^+, il est probable qu'elles ne s'appliquent pas non plus pour OH^-; il faut alors expliquer autrement la mobilité anormale de OH^- dans l'eau. On peut faire l'hypothèse qu'une partie des transporteurs d'électricité est *constituée par des électrons*. Cette hypothèse est couramment employée maintenant pour certains ions gazeux.

La vitesse de transit u des électrons dans un gaz comme l'azote ou l'argon dépend du rapport E/p du champ extérieur à la pression. D'après les résultats de P. Herreng ([2]), pour les faibles valeurs de E/p, u est sensiblement proportionnel à E/p. Si E est mesuré en volts/cm et p en mm/Hg, on aurait environ $u = 10^5$ cm/sec pour $E/p = 0{,}005$ à 0° C. Pour les comparaisons avec les solutions dans l'eau, il est plus commode d'admettre que la vitesse u est proportionnelle au quotient E/n du champ par le nombre de molécules dans 1^{cm^3}. On aurait ainsi $u = 10^5$ cm/sec pour $E/n = 1{,}44 . 10^{-19}$. Dans l'eau, $n = 10^{23}/3$; d'autre part les E sont de l'ordre de 1 volt/cm, d'où pour u des vitesses de l'ordre de 20 cm/sec. Une correction importante doit être faite pour le champ intérieur. Dans l'eau, la constante diélectrique est 80; si l'on admet les résultats classiques, le champ agissant sur les électrons doit être multiplié dans le rapport $(D + 2)/3$, soit 27 environ, qui donnerait des vitesses de l'ordre

([1]) Geneviève Sutra et Eugène Darmois, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1286.

([2]) *Thèse*, Paris, 1943.

de 500 cm/sec. La conductibilité équivalente s'obtient en multipliant ce nombre par 96500, ce qui donne à peu près 5.10^7.

Si n_i est le nombre des ions par centimètre cube et n_e celui des électrons, en posant $x = (n_e/n_i + n_e)$, on démontre que la conductibilité équivalente mesurée est $l_i(1 - x) + l_e x$. A 0° C., l_i est environ 50 (valeur pour les ions K^+ et Cl^-); la valeur expérimentale pour OH^- est 135. On a donc

$$135 = 50(1 - x) + 5.10^7 x, \qquad \text{soit} \quad x = 1{,}7.10^{-6}.$$

La conductibilité serait donc due en partie aux ions OH^-, avec un supplément dû à la dissociation d'une fraction de l'ordre de 10^{-6} de ces ions.

Si l'on compare les courbes des conductibilités équivalentes pour ClK et KOH, ces courbes sont à peu près parallèles jusqu'à la concentration de 1 mol/l, ce qui exige un degré de dissociation à peu près indépendant de la concentration. Cela n'aurait pas lieu si la dissociation donnait la quasi-molécule OH et un électron. On trouve au contraire un degré de dissociation constant en supposant une dissociation du type $2\,OH^- \rightleftharpoons (OH.OH)^- + e^-$, avec une constante de dissociation K_1. Les ions OH^- sont, d'autre part, en équilibre avec les ions H^+ suivant l'équation classique $H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O$, avec une constante de dissociation K_2. Si a et b sont les concentrations molaires initiales de KOH et de l'eau, en écrivant la conservation des quantités de O et de H, ainsi que la condition de neutralité électrique de la solution, on peut calculer la concentration x des électrons. Elle est donnée par l'équation

$$x^2(1 + 2\sqrt{K_1}) - x\sqrt{K_1}[-1 + 2\sqrt{K_1})K_2 + a] - (a + b)K_1K_2 = 0;$$

à cause de la faible valeur des constantes K_1 et K_2, la valeur de x est sensiblement donnée par la relation $(x/\sqrt{K_1}) = a + K_2(b/a)$, ce qui montre qu'il y a effectivement proportionnalité approchée entre x et a. Si le rapport x/a est de l'ordre de 10^{-6}, K_1 serait de l'ordre de 10^{-12}, K_2 est environ 10^{-16}; l'approximation faite pour x est donc raisonnable.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Étude sur certaines réactions du soufre de nature colloïdale.* Note (1) de M. **Henri Garcia-Fernandez**, présentée par M. Louis Hackspill.

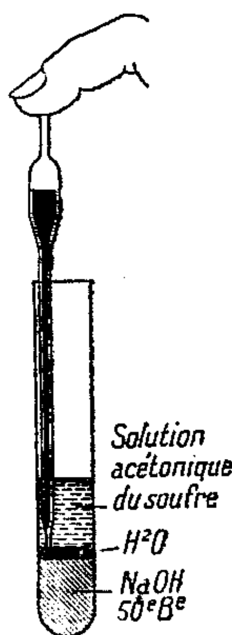
Les organosols de soufre ont été moins étudiés que les hydrosols. Weimarn (2) préparait le soufre colloïdal en versant une solution alcoolique de soufre dans de l'eau froide. Les dissolvants faibles du soufre, alcool méthylique, amylique, acétone, etc., donnent, en se mélangeant avec de l'eau, des solutions laiteuses de soufre colloïdal.

Quant on essaie d'obtenir du soufre colloïdal par la méthode de Weimarn, c'est-à-dire par mélange des solutions du soufre dans ses solvants faibles

(1) Séance du 23 décembre 1946.
(2) *Koll. Zeits.*, 8, 1911, p. 215.

(acétone, alcool méthylique, etc.) avec de l'eau distillée, mais en présence d'une solution concentrée de KOH ou NaOH (50° Bé) qui n'est pas miscible avec ces solvants, on n'obtient pas toujours la formation du soufre colloïdal en suspension laiteuse, mais, parfois, il se présente des phénomènes intéressants qui consistent en la formation de colorations dans la couche du solvant et qui vont du jaune citron au bleu ciel.

Nous avons trouvé, en milieu acétonique, des réactions colorées très intenses et belles. Ces colorations sont instables. Une forme pratique de vérifier la réaction et qui montre que la présence de soufre colloïdal est condition *sine qua non* pour sa production, est la suivante : on place dans un tube à essai (*fig.* 1) 2^{cm^3} de solution acétonique du soufre saturée à la température



ambiante. On introduit 2^{cm^3} de solution de NaOH ou de KOH à 50° Bé en se servant d'une pipette que l'on introduit jusqu'au fond du tube de façon à ne pas mélanger les deux solutions.

Rien ne se passe sur la surface de contact alcali-acétone, même si les deux solutions sont laissées quelque temps en repos. Ajoutons maintenant quelques gouttes d'eau distillée à l'aide d'une pipette de façon que l'eau distillée tombe sur la surface de contact alcali-acétone. On obtient la formation d'un anneau vert brunâtre qui, par de légères secousses, se dissout dans l'acétone et finit, au bout de quelques instants, par lui donner une belle coloration verte, ou bleue si la solution acétonique est peu riche en soufre.

On voit que la présence d'eau est indispensable pour le déclenchement de la réaction parce que c'est elle qui donne lieu, en se mélangeant avec l'acétone, à la formation de soufre colloïdal par un abaissement du pouvoir solvant de celui-ci. La présence de NaOH a une action sur la finesse des grains de telle sorte qu'elle leur donne un degré d'extrême division.

L'analyse optique de la couche acétonique montre un effet Tyndall intense après la réaction; l'électrophorèse pratiquée avec une tension de 49 volts [3], donne une migration cathodique très nette.

---

[3] H. GARCIA-FERNANDEZ, Travail inédit, 1946.

Les acides dilués, ajoutés goutte à goutte, font passer la couleur à jaune, jaune clair, rougeâtre et incolore par floculation.

L'azote pur n'a pas d'action sur le colloïde. Au contact de l'air, l'oxygène est absorbé et la couleur passe au jaune de la surface au fond; 10^{cm^3} de suspension colorée obtenue par traitement d'une solution acétonique saturée absorbent $0^{cm^3},75$ d'oxygène.

La formation du cétosol que nous venons d'étudier peut être utilisée pour la détection de très petites quantités de soufre au cours des essais microanalytiques courants.

On traite le produit à étudier, par exemple minéraux, soufres, caoutchouc pulvérisé, polysulfures, etc., par quelques centimètres cubes d'acétone pur et, dans le filtrat sur papier, on pratique la réaction de zone avec la NaOH à 50° Bé et quelques gouttes d'eau distillée. La coloration de la couche du solvant est verte ou bleue si la quantité de soufre est très petite. Le produit doit être neutre et sec. Les corps solides doivent être pulvérisés. Les corps liquides, comme le S_2C, exigent la séparation de la couche acétonique avec une ampoule à robinet. Il est possible, aussi, de pratiquer des stilliréactions.

La faible solubilité du soufre dans l'acétone que nous avons déterminée pratiquement nous a permis de calculer l'ordre de sensibilité de la réaction. Il est possible de découvrir jusqu'à $0^{\gamma},3$ de soufre. Les corps dits purs du commerce (S_2C) donnent souvent cette réaction. Avec l'acétone, un simple contact avec un bouchon de caoutchouc suffit pour avoir une réaction positive.

L'étude de la viscosité et du coefficient de diffusion, rendue très difficile étant donnée l'instabilité du colloïde, nous permettra, avec l'observation ultramicroscopique, le calcul de la masse et de l'énergie des particules par application de la formule d'Einstein.

$$A = \sqrt{\bar{t}}\sqrt{\frac{RT}{N}\frac{1}{3\pi\eta r}}. \tag{1}$$

Cette réaction colloïdale que nous venons d'étudier est spécifique du soufre libre. Appliquée comme nous l'avons dit, c'est une des réactions des plus belles et des plus sensibles de la chimie analytique.

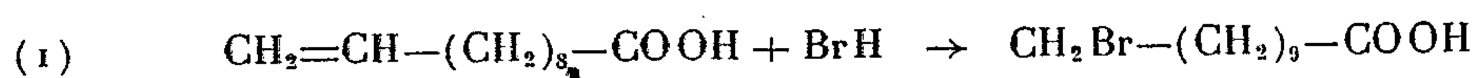
CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Sur la polycondensation de l'acide ω-N-méthyl aminoundécanoïque.* Note de MM. **René Aelion** et **Georges Champetier**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'étude de la polycondensation des ω-aminoacides à plus de cinq chaînons méthylènes a conduit à la préparation de fibres de polyamides dont la structure est dominée par les forces d'attraction très puissantes qui s'établissent entre les groupes $>C=O$ d'une chaîne et les groupes $>NH$ de la chaîne adjacente.

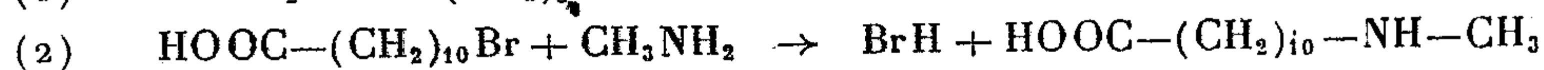
Il est admis, à la suite des études physiques de divers auteurs ([1]), que ces forces d'attraction sont dues à des liaisons hydrogène entre macromécules qui, de ce fait, se groupent suivant une structure plane. Cette disposition lamellaire des chaînes explique fort bien les propriétés remarquables des fils de polyamides : grande résistance aux agents chimiques, solubilité dans de rares solvants fortement polaires, haut module d'élasticité, forte plasticité due au facile glissement les uns sur les autres des plans à forte densité de groupements polaires.

L'affaiblissement de ces forces d'interaction entre chaînes au moyen de la substitution de l'hydrogène de la fonction amide par un groupement méthyle, par exemple, doit amener un effondrement complet de cette structure plane et, par suite, une grande différence dans les propriétés physiques du polymère obtenu ([2]).

Nous avons vérifié ces hypothèses sur l'acide ω-N-méthylaminoundécanoïque préparé à partir de l'acide undécylénique par les deux réactions suivantes ([3]) :



(1) $CH_2{=}CH{-}(CH_2)_8{-}COOH + BrH \rightarrow CH_2Br{-}(CH_2)_9{-}COOH$



(2) $HOOC{-}(CH_2)_{10}Br + CH_3NH_2 \rightarrow BrH + HOOC{-}(CH_2)_{10}{-}NH{-}CH_3$

La réaction (1) s'effectue par barbotage d'acide bromhydrique gazeux dans une solution légèrement humide d'acide undécylénique dans la ligroïne ($60° < É < 80°$) privée d'oléfines.

La réaction (2) a lieu sous pression, dans un autoclave, entre le dérivé bromé et une solution alcoolique saturée de méthylamine (É 6°, 5).

Une purification préalable très soignée de la méthylamine doit être effectuée par distillation fractionnée, pour éliminer toute trace d'ammoniac et de diméthylamine.

L'acide ω-N-méthylaminoundécanoïque ainsi obtenu est un produit cristallisé blanc : $134° < F < 135°$.

Cet acide est polycondensé en atmosphère d'azote à sa température de fusion. Il se produit, comme pour l'acide ω-aminoundécanoïque, un dégagement de vapeur d'eau visible au début de la réaction. Mais au bout de 3 heures de chauffage, le milieu polycondensé reste fluide.

Le polymère obtenu, d'aspect opaque, blanc grisâtre, possède un très bas point de fusion (F 60°).

Il est relativement mou et peut encore être filé, mais les fils obtenus sont difficilement étirables à cause de leur très faible charge de rupture. Le polymère

---

([1]) CHAMPETIER et BONNET, *J. Chim. Phys.* 40, 1943, p. 217; BAKER et FULLER, *J. Amer. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 2399; BROSER, GOLDSTEIN et KRUGER, *Koll. Z.*, 106, 1944, p. 187.

([2]) BAKER et FULLER, *J. Amer. Chem. Soc.*, 65, 1943, p. 1120.

([3]) B. FLASCHENTRAGER et F, HALLE, *Ztschr. Physiol. Chem.*, 159, 1927, p. 286.

N-méthylé est soluble dans les solvants polaires qui gonflent légèrement le polymère non méthylé (chlorhydrines du glycol, hydrocarbures chlorés, mélanges d'éthanol et d'hydrocarbures chlorés, etc.). Il est beaucoup plus sensible à l'eau.

Le spectre d'absorption infra-rouge présente les bandes d'absorption des amides disubstitués normaux.

Les clichés de diffraction des rayons X du polymère non orienté ne sont plus formés que d'un anneau flou de forte intensité correspondant à la distance réticulaire de 4,4 Å, au lieu de comporter les deux anneaux fins de distance réticulaire 4,4 et 3,7 Å, caractéristiques des polyamides à nombre pair de groupes méthylènes.

L'introduction d'un substituant sur le groupe amide de la chaîne macromoléculaire a donc bien détruit la structure cristalline du réseau et sa cohésion polaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Application à l'huile de cameline de l'extraction par solvants sélectifs.* Note de M. **Charles Paquot** et M^lle **Marthe Le Comte**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'étude de l'extraction des huiles par solvants sélectifs a été étudiée à l'échelle industrielle aux États-Unis depuis quelques années. Peu d'études (1), (2) en ont été faites en dehors des brevets.

A partir d'huiles semi-siccatives on arrive, par extraction par solvants sélectifs, à obtenir une fraction à indice d'iode élevé utilisable pour les peintures et vernis, et une autre à indice d'iode plus faible qui convient pour la savonnerie ou l'alimentation. La technique consiste à traiter l'huile par un solvant dans lequel les glycérides sont d'autant plus solubles qu'ils contiennent plus de doubles liaisons dans les radicaux acides les constituant. En pratique les solvants les plus intéressants industriellement sont les alcools méthylique et éthylique, l'acétonitrile et le furfural.

Nous avons appliqué cette technique à une huile métropolitaine, l'huile de cameline.

Extraction par les alcools méthylique et éthylique. — A chaque opération nous avons épuisé une quantité donnée d'huile de façon continue par le solvant dans un appareil analogue à l'extracteur de M. E. André (3).

Les alcools méthylique et éthylique donnent à peu près les mêmes résultats et permettent d'extraire de l'huile de cameline une fraction constituant de 35 à 40 % de l'huile initiale et ayant un indice d'iode de 16 à 18 points supérieur

---

(1) Kleinsmith et Kraybill, *Ind. Eng. Chem.*, 35, 1943, p. 674.
(2) Ruthruff et Wilcock, *Trans. Am. Inst. Chem. Eng.*, 37, 1941, p. 649.
(3) *Bull. Soc. Chim.*, 51, 1932, p. 870, et 53, 1933, p. 60.

à celui de l'huile initiale (139 à 143 selon l'échantillon étudié). Cette extraction doit se faire à basse température (15° environ). Comme exemple, indiquons les résultats obtenus avec l'alcool éthylique et avec une température d'extraction de 18-20° :

	% extrait.	Indice d'iode.	Indice d'acide.
Huile initiale...............		139,4	6,1
Fraction 1..................	17	155,3	21,2
» 2..................	21	155,4	2,6
» 3..................	11	152,1	5,1
» 4..................	5	123,4	6,7
Non extrait.................	46	118,3	4,3

De façon à opérer plus rapidement, on peut remplacer l'alcool éthylique par un mélange alcool éthylique-méthyléthylcétone (9/1). Notons toutefois qu'une proportion plus forte de cétone dans le mélange est à déconseiller, car l'huile devient trop soluble dans celui-ci et l'extraction est alors moins sélective.

Extraction par le furfural. — Industriellement le furfural est très utilisé comme solvant d'extraction sélective aux U. S. A., en particulier pour des huiles comme celles de coton ou de soya. Il était par suite intéressant d'appliquer ce solvant au cas de l'huile de cameline.

L'huile de cameline et le furfural sont totalement miscibles au-dessus d'une certaine température dépendant de la proportion relative de ces deux constituants, et il est nécessaire, pour avoir extraction sélective, d'effectuer celle-ci à une température inférieure à celle de la miscibilité totale. Les essais suivants ont été effectués avec une huile d'indice d'iode égal à 142,4 et avec un rapport huile, furfural égal à 1/3, la température de miscibilité totale étant pour un tel mélange de 100°. La technique utilisée consiste à agiter énergiquement l'huile et le furfural portés à la température voulue et à laisser la décantation se faire à cette température. On obtient ainsi deux couches : une couche inférieure constituée par le furfural et l'huile extraite, et une couche supérieure constituée par l'huile raffinée contenant un peu de furfural en solution. Les résultats sont les suivants :

Température d'extraction (°C.).	% d'huile extraite.	Indice d'iode de l'huile extraite.
85...........	22,5	148,3
65...........	17,5	161,3
50...........	15	166,5
15...........	13	175,8

Le tableau nous montre que l'extraction est d'autant plus sélective qu'elle a lieu à plus faible température. Ainsi à 15° on a un gain de 23 points sur l'huile initiale.

En vue de transposer sur le plan industriel les résultats obtenus dans l'extrac-

tion sélective de l'huile de cameline par le furfural, nous avons étudié cette extraction en continu, mais à l'échelle du laboratoire. La technique en est très simple et est la réduction des appareils industriels : un tube de verre long et étroit, rempli de fragments de canne de verre, est alimenté de façon continue, en haut par le furfural pur, et en bas par l'huile pure, au travers de deux plaques en verre fritté qui les résolvent en gouttelettes très fines. Ces deux liquides circulent à contre-courant dans la colonne par suite de leurs densités respectives, et il y a ainsi lessivage réciproque. On extrait de façon continue, en haut de la colonne l'huile raffinée contenant un peu de solvant, et en bas le furfural ayant extrait l'huile.

Les résultats que l'on obtient ainsi confirment ceux obtenus en opérant en discontinu, et mettent en évidence la nécessité de disperser très finement les deux liquides alimentant la colonne d'extraction si l'on veut obtenir de bons résultats, car ceux-ci dépendent directement de l'importance du contact entre eux.

Notons que l'extraction par solvants sélectifs a en outre l'avantage de raffiner l'huile, car, les acides gras libres étant plus solubles que les glycérides dans les solvants étudiés, l'huile extraite contient la majeure partie de ces acides gras libres, tandis que l'huile résiduelle est à peu près neutralisée.

Un mémoire détaillé paraîtra dans une autre revue.

GÉOLOGIE. — *Du Précambrien d'Afrique.* Note [1] de M. **Conrad Kilian.**

Dès le Congrès Géologique International de Bruxelles (1922), j'ai mis en évidence le Précambrien en Afrique et l'ai exactement délimité au Sahara par la Discordance tassilienne [2].

A la suite de ma découverte, en 1928, de conglomérats cristallins dans l'Oued Sersouf (Ahaggar), j'ai, en 1932 [3], divisé l'Ensemble précambrien en deux, le Pharusien et le Suggarien, au moyen de ces conglomérats; ma définition de ces nouvelles appellations manifestait qu'elles étaient créées pour être utilisées d'une manière générale en Afrique.

En 1937, j'ai indiqué encore [4] que la division en Suggarien et Pharusien par la discordance à laquelle sont liés les conglomérats du Sersouf, devait avoir un caractère général pour la stratigraphie du Précambrien d'Afrique et j'ai indiqué que je prévoyais la découverte d'autres discordances importantes qui devaient être situées dans le temps par rapport à celle-là et qui permettraient de diviser le Pharusien ou le Suggarien, considérés donc comme des systèmes et des périodes.

---

(1) Séance du 27 janvier 1947.
(2) *C. R. XIIIe Congrès géol. intern. Bruxelles*, II, 1922, pp. 887-945.
(3) *C. R. Soc. Géol. Fr.*, Paris, 4 avril 1932.
(4) *Chron. Mines Col.*, Paris, janvier 1937.

En 1946, R. Karpoff ([5]) a appelé Nigritien une série du haut du Précambrien qu'il a découverte dans le Timétrine à l'ouest de l'Adrar des Iforas (Sahara soudanais et central); cette série est en discordance sur une série, elle-même en discordance sur le substratum; il y a donc deux discordances dans cette région.

Les observations de M. Lelubre ([6]) qui a vu les deux régions et qui a cheminé de l'une à l'autre permettent de considérer que la discordance inférieure correspond bien à celle de Sersouf.

La discordance supérieure, forcément plus récente, divise donc le Pharusien en deux, un Pharusien supérieur et un Pharusien inférieur; c'est au Pharusien supérieur qu'appartient la série qui a été appelée Nigritien. J'adopte ce nom pour le Pharusien supérieur, car il pourrait sans cela être considéré comme caduc par suite de l'emploi erroné fait de l'appellation Pharusien dans sa définition; ce n'est en effet que le Pharusien inférieur que R. Karpoff a pris pour le Pharusien tout entier, mais il faut que la série inférieure du Pharusien ait aussi un nom qui lui soit propre et je l'appelle le Relaïdinien, du nom de la tribu de Touareg qui possède le Pays du Sersouf de temps immémorial, les Relaïdine.

J'appelle en même temps Discordance Pharusienne la discordance qui détermine le Pharusien et le Suggarien, Discordance Nigritienne, celle qui détermine le Nigritien et le Relaïdinien; quand le Pharusien repose sur le Suggarien par le Nigritien, la discordance doit être dite Pharusienne-Nigritienne, dans l'autre cas Pharusienne-Relaïdinienne, et dans l'incertitude Pharusienne.

Ces termes procèdent d'une systématique expérimentée par moi dans l'Ensemble sédimentaire classique d'Afrique sur les discordances s'y trouvant et qui s'est révélée assez heureuse et suffisamment précise en Afrique Majeure pour être appliquée au Précambrien; ces termes me paraissent pouvoir rendre des services pour progresser dans la connaissance du Précambrien d'Afrique d'une manière méthodique.

En 1943 j'ai découvert des conglomérats cristallins importants dans le bas de l'Oueed Takalous, rive gauche (Anehef) en Ahaggar, remarquables par leur schistosité et parce qu'ils semblent avoir alimenté en galets de granite des formations récentes à galets qui s'expliqueraient difficilement autrement; ces conglomérats du Takalous pourraient être pharusiens-relaïdiniens, mais je me propose de les revoir pour justement préciser avec certitude à quelle discordance ils appartiennent.

Je me propose aussi d'examiner les discordances signalées par H. Bütler ([7]) et M. Lelubre ([8]) au voisinage de l'Oued In Sakane, affluent du Sud-Est

([5]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 428.
([6]) Communications orales à l'Auteur.
([7]) *C. R. XIII^e Congrès géol. intern.* Bruxelles, II, 1922, pp. 819-848.
([8]) *Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes*, II, pp. 55-68.

de l'Oued Amadror; en Anehef et Ahaggar, également, pour voir si elles se rattachent bien aux Discordances fondamentales connues.

Il n'a pas été décelé à ce jour, en effet, de troisième Discordance fondamentale au Sahara, mais l'existence n'en est pas encore absolument impossible, au sein du Suggarien par exemple.

La systématique du Précambrien saharien ne peut actuellement être appliquée facilement au Sud du Sahara, mais en tenant compte de ce que la Série de la Falémé et le Buem, qui comportent des Tillites et sont comparables à la base du Kundelungu, sont à placer, probablement, au plus bas du Cambrien et en dehors du Précambrien, on peut entrevoir, grâce aux travaux de M. Roques et M. Nicklès [9], que le moment est proche où l'on pourra rapporter avec plus de certitude les séries de ces régions de l'Afrique Occidentale Française aux divisions du Précambrien saharien qui doivent servir de type et de base à la stratigraphie du Précambrien d'Afrique en même temps que leurs appellations seraient adoptées d'une manière générale pour le Continent africain.

GÉOLOGIE. — *Sur les Trilobites du Géorgien supérieur du Maroc méridional.* Note de M. **Louis Neltner** et M^lle^ **Nicolle Poctey**, présentée par M. Charles Jacob.

La série stratigraphique de Kerdous (Anti-Atlas) se présente comme suit, de bas en haut :

1° Calcaires à *Archæocyathus* très épais.

2° Puissante série de schistes vert clair, coupés de lentilles calcaires à Mésonacidés et *Archæocyathus*, ces deux groupes étant, soit associés dans les mêmes bancs, soit dans des bancs voisins sans ordre de superposition nettement défini.

Les formes de Trilobites recueillis dans cette zone sont :

Pour la famille des Mésonacidées : Olenellus n. sp. (*Mesonacis bondoni* Neltner); *Callavia* n. sp.; *Wanneria* n. sp_1; *Wanneria* n. sp_2; *Wanneria crosbyi* Walcott;

Pour la famille des Dikellocéphalidés : Resserops resserianus Richter; *Perrector perrectus* Richter; *Eops eo* Richter.

3° Calcaires noduleux à intercalations schisteuses, passant à des schistes à *Protolenus*, avec divers éléments de la famille des Olénidés : *Protolenus elegans* var. *marocana* Nelter [1]; *Protolenus* cf. *latouchei* Cobbold; *Ptychoparia attleborensis* Cobbold n. g., n. sp.

---

[9] *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1452.

[1] *Études géologiques dans le Sud marocain* (*Notes et Mém. Serv. M. Carte géol. Maroc*, 42, 1938).

4° Schistes à *Paradoxides* (Acadien).

La coupe montre nettement l'âge géorgien des *Archæocyathus*, puisque le niveau à *Protolenus* est classiquement reconnu comme étant le dernier terme du Géorgien, ou même, dans certains cas, comme la limite du Géorgien et de l'Acadien ([2]).

De plus, dans cette faune se remarque, à côté des Mésonacidés au pygidium rudimentaire, un certain nombre de Dikellocéphalidés à pygidium mieux développé, bordé d'un limbe qui parfois porte deux expansions en pointes, décrits par M. Richter en Andalousie. Or, dans un important Mémoire ([3]), cet auteur a attribué au Potsdamien les couches à *Resserops*, *Perrector*, *Eops* d'Andalousie, se basant sur la présence de Dikellocéphalidés, connus jusqu'à présent dans cet étage seulement, et il conclut à la persistance des *Archæocyathus* jusqu'au sommet du Cambrien. Cependant les Dikellocéphalidés que nous rencontrons au Maroc infirment cette interprétation; d'autre part, au nombre des figures reproduites dans le mémoire de M. Richter, celles des têtes de *Saukianda* (isolées d'ailleurs des pygidiums qu'en toute hypothèse l'auteur leur associe) nous paraissent identiques à celles de nos *Callavia* n. sp., que nous interprétons non pas comme des Dikellocéphalidés, mais comme des Mésonacidés.

En définitive, l'étude des Trilobites géorgiens de Kerdous nous conduit à mettre en doute la présence de Potsdamien fossilifère en Espagne, rejoignant ainsi la pensée de certains géologues espagnols tels que M. Sampelayo ([4]).

GÉOLOGIE. — *Découverte d'un nouvel Ancylopode dans le Pontien de Soblay (Ain).* Note de M. **Jean Viret**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans le Bugey méridional, de petits bassins lacustres ayant participé aux derniers plissements du Jura ont été exploités de façon intermittente pour le lignite qu'ils renferment. Le plus connu est celui de Soblay près de Saint-Martin-du-Mont, dont la faune de Mammifères fossiles, étudiée par Ch. Depéret, a permis de fixer au Pontien l'époque du remplissage de ces cuvettes néogènes.

Dans ces dernières années, la rareté du combustible a fait rouvrir l'exploitation. Mon collègue M. Mazenot, qui la surveille attentivement, m'a apporté une série de documents fossiles, principalement des dents isolées, dont quelques-uns, nouveaux au moins pour le gisement, seront décrits ultérieu-

([2]) M. Gigout, *Sur trois affleurements de terrains anciens situés entre le Rdat et la Tessaout (Haut-Atlas marocain)*. Diplôme d'études, 1937, Paris.

([3]) *Die saukianda Stufe von Andalusien, eine fremde Fauna im europaïschen Ober-Kambrium* (*Abh. Senck. Naturf. Ges.*, 450, mai 1940).

([4]) *Nueva fauna cambriana en Puerto Ventana (Asturias-Leon)* (*Not. Comm. Inst. geol. min. Espana*, n° 12, 1944).

rement. Tout récemment, M. Barone, chef de travaux à l'école vétérinaire de Lyon, m'a communiqué quelques dents d'un animal qui offre un intérêt exceptionnel. Il s'agit d'un Mammifère ongulé, de taille modeste (le volume du crâne a dû égaler celui du tapir d'Amérique), qui appartient à la famille, éteinte au Pléistocène, des Ancylopodes. Mais dans cette famille où la dentition est normalement brachyodonte, il se relie à un rameau très particulier chez qui les formes terminales du Pliocène réalisent une hypsodontie d'un type spécial, la croissance des molaires supérieures étant limitée à la moitié externe de la dent.

L'arrière-molaire de l'animal de Soblay présente quelques traits aberrants : la grande longueur de la dent, la faiblesse des deux tubercules internes, l'absence de protoconule, la forte courbure de la muraille externe formée de deux croissants. Ces caractères sont très voisins de ceux du genre *Postschizotherium* v. Kœnigswald du Pliocène de la Chine ([1]), dont l'animal de Soblay diffère cependant par ses molaires encore pourvues de racines, à couronne relativement basse. C'est pourquoi je crois utile de séparer génériquement l'espèce française sous le nom de *Neoschizotherium* n. gen., tout en pensant qu'elle représente une forme ancestrale du *Postschizotherium*. Une molaire inférieure isolée, ainsi que les trois prémolaires postérieures, confirment l'attribution de ces restes, malheureusement trop fragmentaires, à ce rameau de Chalicothériidés caractérisé non seulement par l'acquisition de molaires hypsodontes, mais encore par une molarisation précoce des prémolaires. Ainsi, certains Chalicothériidés, parallèlement aux Titanothériidés, ont molarisé leurs prémolaires sans en accroître la taille, contrairement aux Équidés où ce processus s'est accompagné d'une augmentation de volume considérable, en rapport avec l'allongement de la face.

La trouvaille inattendue de cet animal encore inconnu en Europe, dans le Pontien de France, évoque les échanges de faune qui se sont produits entre l'Asie et l'Europe dans la seconde moitié des temps tertiaires. On est tenté de penser que l'Asie a été le berceau de nombreux groupes de Mammifères ayant rayonné dans la suite et atteint l'Europe, simple presqu'île asiatique. Si l'on peut fournir des arguments solides à l'appui de cette hypothèse, par contre des migrations en sens inverse paraissent également possibles : les Cervidés à bois primitifs en sont un exemple; le *Neoschizotherium* en est un autre.

Sans doute, cette conclusion est-elle encore provisoire, car il faudrait prouver que cet ancêtre du *Postschizotherium* n'a pas vécu quelque part en Asie. Mais une preuve négative est impossible à fournir en paléontologie, et les explorateurs du continent asiatique sont bien loin d'avoir dit leur dernier mot.

([1]) Voir Teilhard de Chardin, New observations on the genus *Postschizotherium* v. Koen. (*Bull. geol. Soc. of China*, XIX, n° 3, 1939).

GÉOLOGIE. — *Les faunes de Graptolithes récoltées par F. Jacquet dans le Gothlandien de Mauritanie.* Note de M. **Maurice Nicklès**, présentée par M. Charles Jacob.

En 1934-1935, Th. Monod et F. Jacquet (¹) découvraient successivement, à quelques mois d'intervalle, un Gothlandien schisteux à Graptolithes dans le Sud de l'Adrar mauritanien; en 1936, F. Jacquet trouvait, dans la Seguiet el Hamra et le Zemmour, le même étage « présentant un faciès calcaire à Orthocères et Graptolithes, différent du faciès schisteux habituel au Sahara » (²).

Enfin en 1937, au cours de la tournée qui devait se terminer par sa tragique disparition, ce géologue recueillait à l'Est de Tichitt, de nombreux échantillons de schistes, schistes gréseux et argiles à Graptolithes.

Grâce aux précieux conseils de MM. Lucas et Waterlot, je suis parvenu à déterminer ces faunes dont la localisation est donnée ici d'après les carnets de Notes de Jacquet.

1° Charania (Adrar mauritanien), récoltes de 1935. Quelques plaques de schistes contenant *Monograptus turriculatus* Barrande, en petits fragments difficilement reconnaissables; *M. Halli* Barrande, en beaux échantillons; *M.* cf. *runcinatus* Lapworth, sous forme d'une empreinte assez mauvaise; enfin des exemplaires bien conservés d'une forme très voisine de *M. undulatus* Elles and Wood, dont elle ne diffère que par ses thèques plus serrées (de 11 à 14 par 10^{mm}).

Cette faune, qui correspond à la zone 22 de Miss G. Elles, appartiendrait au Tarannon inférieur.

2° Seguiet el Hamra et Zemmour, récoltes de 1936. Des échantillons calcaires, sur lesquels les Graptolithes se voient en coupe ou se détachent même parfaitement en relief, ne m'ont livré qu'une seule espèce, *Monograptus priodon* Bronn, ce qui laisse planer une indécision relativement à l'âge exact de ces niveaux, *M. priodon* étant connu de la zone 22 à la zone 29, c'est-à-dire dans le Tarannon et le Wenlock.

3° Est de Tichitt, presque à mi-chemin entre Tichitt et Oualata. récoltes de 1937. Un très grand nombre d'échantillons de schistes gréseux et d'argiles provenant de El Glatt (Tenaga), contiennent presque uniquement *Climacograptus medius* Törnquist, ou tout au moins une forme extrêmement voisine, en général un peu moins large et présentant des thèques souvent plus anguleuses, parfois presque épineuses. Les colonies, en excellent état de conservation, sont accompagnées de très nombreuses *sicula* et de quelques exemplaires de *Cl. Törnquisti* Elles and Wood, bien caractérisés.

Enfin, dans la même région, à Emdel Lakhdar, des plaquettes de schistes à grain fin supportent de nombreux fragments que je pense pouvoir rapporter à *Diplograptus* (*Mesograptus*) *magnus* H. Lapworth.

L'ensemble de cette faune, qui correspond à la zone 19, appartiendrait au Llandovery (Middle Birkhill).

(¹) *Comptes rendus*, 201, 1935, pp. 908-909.

(²) F. Jacquet, *B. S. G. F.*, 5e série, 7, 1937, pp. 3-8; N. Menchikoff et M. Nicklès, *Bull. Serv. Mines A. O. F.*, n° 6, 1942, pp. 51-76.

Il est intéressant de constater que ces gisements de Mauritanie comprennent un nombre extrêmement réduit d'espèces de Graptolithes (huit en tout); cette monotonie de la faune forme un contraste frappant avec la grande richesse des gisements marocains de même âge.

OCÉANOGRAPHIE. — *Le régime des salinités des eaux du Rio Kapachez (Guinée française) en saison sèche.* Note de MM. **Claude Francis-Bœuf** et **V. Romanovsky**, présentée par M. Louis Fage.

Le Rio Kapachez est un petit estuaire de la côte de la Guinée française, situé au nord du Cap Verga, entre deux plus grands estuaires, le Pongo, au Sud, et le Nunez, au Nord.

Le Rio Pongo et le Rio Nunez sont les estuaires de rivières importantes : la Fatala et la Tinguinlinta, qui drainent un bassin versant assez étendu. Même, en saison sèche, la salinité de leurs eaux est nettement inférieure à la salinité marine : ainsi, à Dominghia, sur le Pongo, et à 20^{km} de la mer, la salinité était de 25 $^0/_{00}$ à basse mer, tandis qu'à Boké, sur le Nunez et à 60^{km} de la mer, l'eau est douce à basse mer et, à haute mer, la salinité n'atteint que 9,5 $^0/_{00}$.

Au contraire, le Rio Kapachez n'est la terminaison d'aucune rivière importante : c'est un petit réseau hydrographiqne littoral qui atteint à peine le chaînon du Verga, au Nord et à l'Ouest, et ne reçoit aucun apport d'eau douce en période sèche. On pouvait s'attendre, *a priori*, à trouver des eaux dont la salinité aurait été voisine de celle de l'eau de mer littorale (34 à 36 $^0/_{00}$) à cette époque de l'année (avril).

Le Rio Kapachez, immédiatement après son embouchure, se divise en deux branches d'importance à peu près égale : le Katako et le Kassali. Dans chacun d'eux la marée se fait sentir et la sédimentation vaseuse y est particulièrement abondante (¹).

Nous avons pu effectuer quelques mesures de salinité sur les eaux du Kassali et du Katako au cours de la marée. Les résultats obtenus sont les suivants :

1. *Rio Kassali, à Kamponi* (4 avril 1946).

Heures	7,30	8,15	9,10	10,15	11,15	12,15	13,30	14,30	15,30
Salinités $^0/_{00}$ surface	–	38,81	38,31	38,44	38,44	38,19	39,05	39,31	38,81
Salinités $^0/_{00}$ fond	39,18	–	37,82	37,82	38,01	38,06	39,18	39,05	39,05
Sens du courant	(+)	(+)	(+)	(+)	(=)	(–)	(–)	(–)	(–)

2. *Rio Kassali, à Kolo* (5 avril 1946).

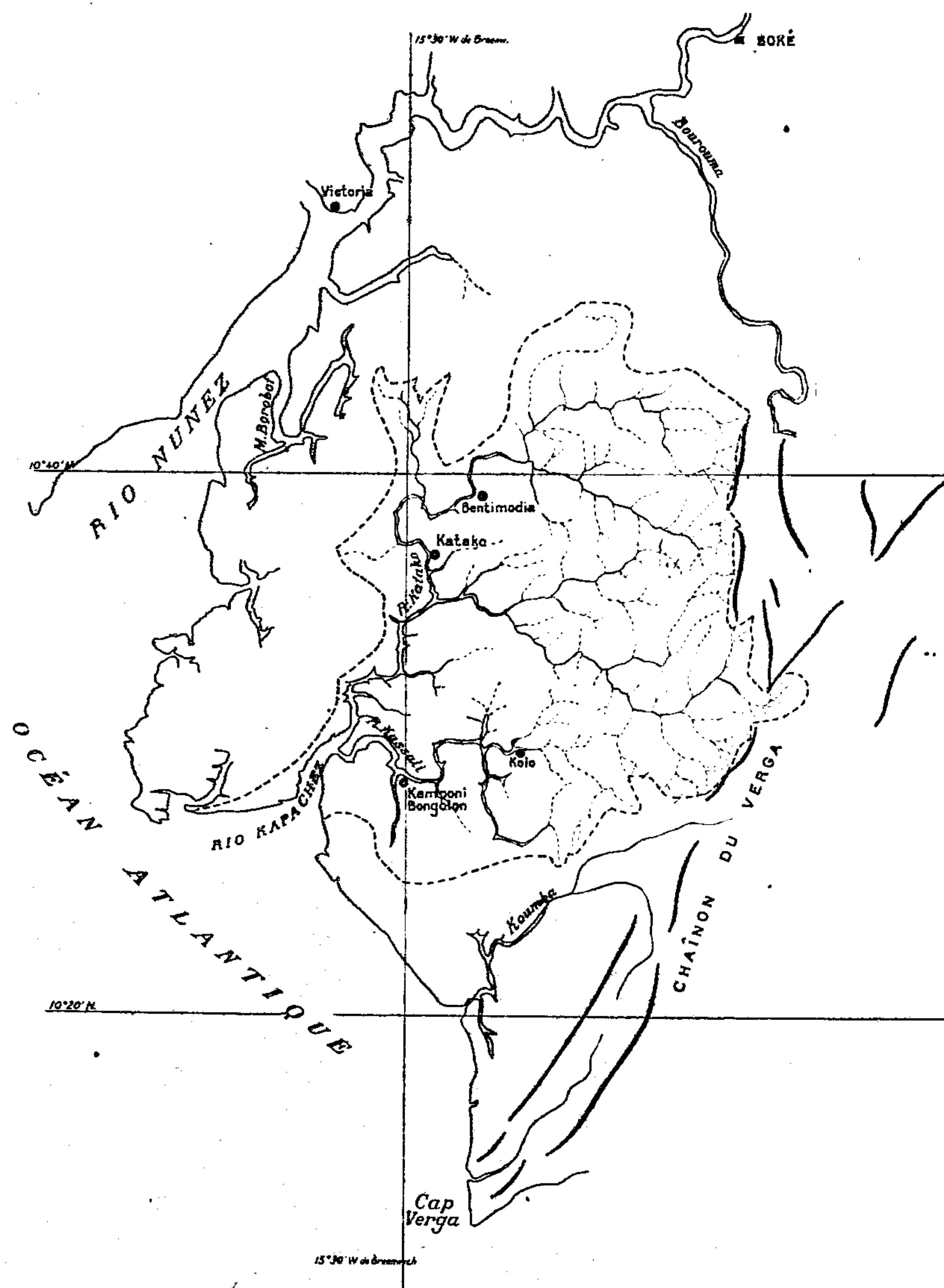
Heures	10,40	11,05	11,40	12,10	12,40	13,10	13,40	14,10	15,00
Salinités surf. $^0/_{00}$	42,62	42,01	41,16	40,42	40,30	40,42	40,66	41,04	41,53
Sens du courant	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(=)	(–)	(–)

(¹) C. Francis-Bœuf et V, Romanovsky, *C. R. Som. Soc. Géol. fr.*, 1946. 14, p. 291.

3. *Rio Katako, à Katako* (9 avril 1946).

Heures		11,40	12,30	13,30	14,15	15,40	16,30	17,25
Salinités ‰	surface.	38,31	38,44	38,93	38,31	38,31	38,69	38,44
	fond...	–	–	38,31	39,05	38,31	38,31	38,44
Sens du courant...		(+)	(+)	(+)	(+)	(—)	(—)	(—)

Par convention, le sens du courant de marée est indiqué par les signes : (+) pour le flot, (—) pour le jusant et (=) pour l'étale.



De ces résultats il nous semble possible de tirer quelques conclusions, valables pour la saison sèche.

1° Il n'y a, dans ces deux bras de mer, aucun apport d'eau douce.

2° Il n'y a pas de variation nette de la salinité en fonction de l'heure de la marée [variation toujours existante dans les estuaires fançais ([2])].

3° Il n'y a pas de stratification densimétrique (ou gradient vertical de salidité) notable.

4° La salinité est remarquablement plus élevée que la salinité des eaux de mer littorales. Comment interpréter cet accroissement de la concentration en chlorures ?

a. en partie, peut-être, par un délavage de terrains salés (vases);

b. par suite, surtout, de l'intensité de l'évaporation au cours de la journée solaire.

Par ce dernier caractère on voit que le régime des salinités du Rio Kapachez se rapproche de ceux de certaines lagunes littorales.

BOTANIQUE. — *Sur les spirales génératrices de la tige.*
Note de M. **Auguste Cuénod**, présentée par M. Henri Devaux.

De nombreuses raisons donnent à penser que chez les Dicotylédones il existe, non point une seule, mais très généralement *deux spires génératrices* des feuilles sur la tige.

L'existence, tout d'abord, au début de la plante de *deux feuilles cotylédonnaires;* la possibilité d'obtenir expérimentalement la *suppression de l'une des deux spirales* ([1]); l'existence enfin d'*espèces dites anisophylles*, c'est-à-dire de plantes ayant alternativement des feuilles fort différentes, sinon de type, du moins de taille ([2]) (*Abronia, Tribulus, Anisophyllea*, certaines *Géraniacées* et *Urticacées*). Tous ces faits, et il en est d'autres encore, militent en faveur de la dualité des spires foliaires chez les Dicotylédones; la chose du reste ne fait plus de doute aujourd'hui, grâce aux belles recherches de G. Bouvrain sur les Angiospermes Dicotylédones ([3]).

Il suffit de projeter, en diagramme, sur un plan horizontal, la mono-spire classique 2/5 allant par exemple de l'insertion foliaire n à celle $n+10$; il est évident alors qu'en sens antidrome, on peut, avec les mêmes points de repère, tracer deux courbes qui s'engrènent l'une dans l'autre.

L'une des courbes a un peu d'avance sur l'autre, ce qui permet d'expliquer bien des choses, notamment l'inégalité bien connue, mais assez énigmatique des sépales de la Rose ([4]) et ailleurs l'aniso-pétalie et même certaines irrégularités de l'androcée et du gynécée.

([2]) C. Francis-Boeuf, *Physicochimie du milieu fluvio-marin* (*C. R. som. Soc. Biogéogr.*, 1943 p. 19-26).

([1]) A. Cuenod, *Premières recherches expérim.* (*Bull. Soc. bot. Fr.*, 89, 1942).

([2]) A. Cuenod, *Anisophyllie, etc.* (*Bull. Soc. bot. Fr.*, 93, 1946).

([3]) G. Bouvrain, *Rech. ontogén. sur Angiosp. Dicot.* (*Thèse Fac. Sc.*, Paris, 1941).

([4]) A. Cuenod, *Le Calice de la Rose* (*Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique Nord*, 1941, p. 151).

Sur les fleurs pentamères régulières, la chose n'est visible qu'aux stades de la préfloraison, mais dans les cas d'irrégularité zygomorphique ne voit-on pas fréquemment deux groupes, l'un de 3, l'autre de 2 pétales de forme et souvent de coloris différents? (Capucine, Pélargonium, etc.)

Si l'on suit attentivement la phyllotaxie, dans ces cas-là, on s'aperçoit que l'un des groupes de la corolle appartient à l'une des spires et l'autre à l'autre.

Ces deux spirales génératrices dont nous avons déjà, à diverses reprises, signalé l'importance dans la croissance de la plante ([5]), ([6]), ([7]), s'emboîtent l'une dans l'autre et sont concrescentes en symphyse intime et normale : chaque feuille visible n'étant en réalité que la portion supérieure, la manifestation extériorisée de l'unité morphologique et physiologique que nous avons après d'autres appelée *Phyllome*, et qui correspond à peu près à la Phyllorhize de Chauveaud.

Les notions ci-dessus sont applicables à la fraction classique 2/5; elles le sont aussi (*mutatis mutandis*) aux autres valeurs fractionnelles admises pour les Dicotylédones; nous ne saurions développer la chose ici.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observation vitale, prolongée pendant quatorze jours, de l'action de l'eau sur les chondriosomes d'une même cellule.* Note de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Des observations vitales de contrôle nous ont récemment conduit à constater la robutesse exceptionnelle des cellules parenchymateuses des tubercules de *Cichorium intybus* (variété « chicorée à café de Magdebourg »). Nous nous empressons de faire connaître ce matériel cytologique particulièrement commode pour les recherches sur le vivant. En effet, nous avons pu entretenir en vie pendant deux semaines des coupes radiales de tubercule montées entre lame et lamelle *dans l'eau distillée*.

La technique est fort simple; plusieurs coupes sont montées dans l'eau distillée; l'une, un peu plus épaisse, supporte le poids de la lamelle, et facilite le renouvellement du milieu qui doit être fait, plusieurs fois par jour, par perfusion entre lame et lamelle. Après les 3 ou 4 premiers jours, l'une de ces perfusions est effectuée, une fois par 24 heures, avec de l'eau de source; les autres à l'eau distillée. Chaque soir, la préparation est placée sous une cloche dont l'atmosphère est saturée de vapeur d'eau. La température doit être maintenue assez basse, au-dessous de 16°.

Les coupes renferment de nombreux méats remplis de gaz, qui gênent

([5]) *Le Phyllome, etc.* (*Bull. Soc. bot. de Fr.*, 85, 1938, p. 698).

([6]) *De l'opposition fol. au Verticil.* (*id.*, 87, 1940, p. 134).

([7]) *Théorie du Phyllome* (*Bull. Soc. Hist. nat. Afrique Nord*, 1943, p. 169, et 1944, p. 86).

l'observation par endroits, mais qui contribuent probablement à l'entretien de la vie des cellules. Celles-ci renferment un cytoplasme remarquablement limpide, pelliculaire, formant des trabécules au travers de la grande vacuole. Le noyau est souvent peu visible, mais les chondriosomes et les leucoblastes sont facilement observables dans beaucoup de cellules (surtout du parenchyme libérien). Ce type de cellules a également l'avantage de ne pas renfermer à l'état figuré de réserves insolubles qui gênent toujours l'observation; l'inuline, produit de réserves de cette plante, est en solution dans les vacuoles. Les leucoblastes portent souvent des vésicules déformables, à contenu fluide, mais leur activité reste peu apparente.

Les fragments de cellules mortes, qui subsistent sur les deux faces des coupes, n'empêchent pas d'observer nettement certaines cellules intactes sous-jacentes. L'une de celles-ci était repérée d'après les contours de la coupe; nous avions ainsi la possibilité de la retrouver *rapidement* à chaque reprise de l'observation. Nous avons pu suivre ainsi quotidiennement, pendant 14 jours, les effets de l'eau distillée sur les chondriosomes de la *même cellule* vivante.

Du journal de la survie de cette cellule nous tirons les principaux faits suivants :

1° Pendant les 3 premiers jours, en renouvelant rapidement le milieu de montage par perfusion à l'eau distillée, après un long repos (14 à 30 heures), on provoque l'hypertrophie des chondriosomes, avec diminution de réfringence, suivie de vésiculisation, de processus d'étirement sensibles quoique limités (chondriosomes longs de 10 à 15$^{\mu}$) et de ramifications durables. La cyclose se ralentit généralement au bout d'une fraction d'heure et cesse dans certaines régions du cytoplasme qui s'alvéolisent.

Après quelques heures (2 à 5), la cyclose reprend, très active, et le contour des chondriosomes devient irrégulier; ils présentent des étranglements successifs, deviennent *moniliformes*. La plupart de ces étranglements finissent par se rompre : il se constitue ainsi de nombreux chondriosomes courts.

Enfin, après un temps plus ou moins long, les chondriosomes reprennent leur diamètre et leur réfringence primitifs; l'altération produite par l'eau distillée est réparée.

2° Après les 5 premiers jours, les renouvellements du milieu ne produisent plus d'hypertrophie des chondriosomes; le cytoplasme et le chondriome paraissent *adaptés* à l'eau distillée.

3° Lorsqu'on reprend l'observation après un repos assez long (une nuit par exemple) la cyclose est généralement très lente, voire invisible, et certains chondriosomes sont très fins et très longs (parfois plus de 20$^{\mu}$). Sous le microscope, la cyclose reprend et devient rapide. Corrélativement, on observe de moins en moins de longs chondriocontes et de plus en plus de courts bâtonnets et de mitochondries granuleuses.

4° Du 12e au 14e jour, la cellule réagit de moins en moins à l'éclairage sous le microscope; la cyclose ne reprend que très lentement, puis plus du tout; les chondriosomes se gonflent et leurs contours deviennent flous tandis que le cytoplasme perd sa limpidité et devient granuleux. Des mouvements browniens apparaissent, s'amplifient, puis cessent quelques heures après la mort de la cellule.

5° Malgré la netteté des altérations réversibles observées à plusieurs reprises sur la même cellule, celle-ci ne nous a pas montré d'appareils chondriosomiques aussi démesurés que dans les préparations fixées et colorées (1).

Ces différences, s'ajoutant au fait que l'on observe simultanément un petit nombre de longs chondriosomes lorsque la cyclose est très lente, d'une part, de nombreux petits chondriosomes lorsque la cyclose est rapide, d'autre part, nécessitaient d'autres expériences, dont nous rendrons prochainement compte.

Ces seules observations montrent directement que le passage de l'eau dans le cytoplasme, en modifiant l'équilibre des phases du cytoplasme et du chondriome, produit des imbibitions réversibles de ce dernier. L'eau produit également une ségrégation, elle aussi réversible, dans les colloïdes de la phase cytoplasmique, normalement homogène. Cette ségrégation, observée déjà par P. Dangeard (2), a pour effet de canaliser la cyclose autour de territoires cytoplasmiques immobiles. Nous aurons à revenir sur ce point.

ÉCONOMIE RURALE. — *Nature du tourteau de Soja et son emploi judicieux.* Note de M. Kuo-Chun Chin, présentée par M. Louis Blaringhem.

Depuis longtemps, le Soja a été signalé par les auteurs européens. C'est ainsi que Buffon en fait mention vers la fin du XVIIIe siècle, puis le professeur viennois Haberlaudt (1878). Depuis lors, assez nombreux furent les articles de revues consacrés à ce sujet par des agronomes, des chimistes ou des hygiénistes.

En 1912, paraissait un travail très documenté de M. Li-Yu-Ying, biologiste chinois. Il consacrait l'importance du Soja aux points de vue alimentaire, thérapeutique, agricole et industriel.

L'un des produits extraits du Soja est le tourteau. C'est la pulpe résiduaire du lait végétal, assez riche encore en matières azotées, matières grasses, hydrates de carbone, dont des glucides, et sels minéraux. Plusieurs analyses peuvent ici être rappelées. Le Dr Bloch (1907) établissait que le tourteau contient 88,75 % d'eau; il niait toute teneur en amidon. Et voici le résultat, très incomplet, de son analyse :

(1) *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 970 et 1187.
(2) *Le Botaniste*, 31e série, 1941-1942, p. 189.

Azote	0,248	Matières grasses	0,04
Eau	88,75	Matières diverses	10,85
Cendres	0,36		

On peut lui opposer l'analyse très poussée faite par Prinsen (1896) portant sur l'extrait sec d'une pulpe à 5 % d'eau :

Albuminoïdes	29,38 %	Extraits non saccharifiables	11,10 %
Matières grasses	12,81	Cellulose	10,25
Hydrates de carbone saccharifiables	26,80	Sels minéraux (cendres)	4,66

Le tourteau obtenu à l'usine de la *Caseo-sojaïne* (1912) a été analysé au Laboratoire municipal de Paris :

Eau 80,04, ramenée à	20 %
Matières azotées	33
Matières hydrocarbonées	23,63
Matières grasses	8,44
Cellulose	?
Sels minéraux	4,24

On peut donc affirmer aujourd'hui que le tourteau de Soja contient des glucides (hydrates de carbone).

En outre, depuis que l'on a trouvé de nombreuses vitamines dans le Soja, on a pu penser que le tourteau devait en contenir.

Dans la fabrication du fromage de Soja [1] et du lait [2], les vitamines sont probablement détruites par la chaleur de l'eau bouillante. Dans la fabrication du tourteau, il n'y a pas lieu de redouter cet inconvénient. Ceci est confirmé par une analyse faite au Laboratoire municipal de Paris (1946) :

	Grammes %.
Humidité	85,5
Matières grasses	1,9
Azote total exprimé en matières protéiques (NX 6,25)	4,0
Matières amylacées exprimées en amidon	3,0
» minérales	5,6
Vitamine C (acide ascorbique)	Absence
» A active	240γ (10^{-3} mg)

La vitamine A est un facteur de croissance, réchauffante et anti-infectieuse. Nous devons donc tenir compte de sa nature et, au lieu de l'employer comme

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 62.
(2) *Comptes rendus*, 224, 1947 (sous presse).

on l'a fait en Chine et au Japon, uniquement pour l'alimentation des animaux domestiques, l'utiliser dans l'alimentation humaine. A ce propos, il est bon de rappeler les essais faits par Holmes aux États-Unis, consistant à préparer des biscuits à partir de la pulpe de tourteau, desséchée et réduite en farine.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence de substances glucidiques et protéiques sur la régénération des membres chez le Triton.* Note de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. Maurice Caullery.

La morphogénèse dans la régénération est nécessairement corrélative de l'organisme ou de l'organe régénérant. Ceux-ci fournissent normalement les matériaux nécessaires à l'édification du régénérat. Nous avons recherché si l'apport de glucides et de protides était susceptible d'influencer le processus de la régénération. D'ailleurs, l'action de telles substances a été signalée depuis longtemps dans les phénomènes de cicatrisation.

Nous avons utilisé des Tritons adultes, *Triton tæniatus*, répartis en lots de 13 individus, accompagnés de lots témoins. La régénération a été provoquée par amputation, au milieu du zeugopode (tibia, péroné), d'un des membres postérieurs. Les substances utilisées en solution aqueuse (1) ont été injectées à la base du membre en régénération, à raison de 1/40 à 2/40$^{cm^3}$ chaque fois et, en moyenne, tous les 6 jours. Nous avons considéré, dans la régénération, trois stades : *a*, cicatrisation de la surface d'amputation; *b*, formation du blastème; *c*, différenciation par indication des premiers segments digitaux. Nos résultats se résument ainsi (2) :

1° Peptone de Witte aux concentrations de 3, 1,5 et 0,75 %.

Cicatrisation. — Action favorable des solutions à 0,75 % et 1,50 % (surtout cette dernière.)

Formation du blastème. — Maintien de l'action favorable de la concentration à 1,50 % (coeff. 3,5), pas d'action de celle à 0,75 % [2,4, témoins 2,3], concentration à 3 % défavorable (1,87).

Différenciation. — Pas d'influence.

2° Fibrine du sang desséchée, concentrations à 1 et 0,50 %.

Cicatrisation. — Pas d'influence.

Formation du blastème. — Régénération activitée, 1 % (3), 0,5 % (2,84), témoins (2,1).

Différenciation. — Action des concentrations dans dans le même sens, 1 % (3,09); 0,5 % (3,07); témoins (2,84).

3° Glucose, concentrations à 5 %, 2 % et 1 %.

---

(1) Seules les solutions de fibrine ont été préparées dans la soude à 1/1000.

(2) Pour permettre de comparer les résultats entre eux, nous avons mis entre parenthèses des chiffres représentant des coefficients moyens de développement des divers régénérats; les plus développés correspondent aux coefficients les plus élevés.

Cicatrisation. — Pas observée.

Formation du blastème. — Pas d'activation, témoins (1,69); 2 % (1,65), 5 % (1,54).

Différenciation. — Action favorable de la solution à 2 % (3,99), témoins (3,25) 5 % (3,2).

4° Glucose à 5 %, saccharose à 9 %, chlorure de sodium à 1 % (comme témoins).

Cicatrisation. — Activation par le glucose (0,80), par le saccharose (0,62) et par le chlorure de sodium (0,51).

Formation du blastème. — Action des substances dans le même ordre; glucose (3,3), saccharose (3,08), chlorure de sodium (2,04).

Différenciation. — Pas observée.

5° Saccharose à 9 %, glycogène à 1,3 % et bleu Trypan à 0,4 % [3].

Cicatrisation. — Action à peu près équivalente du glycogène (0,68) et du bleu Trypan (0,70); saccharose (0,61), défavorable.

Formation du blastème. — Le glycogène (3) est plus favorable que le saccharose (2,92) et que le bleu Trypan (2,15).

Différenciation. — Activation des régénérats dans le même ordre que pour la formation du blastème (5,06), (4,64), (3,28).

6° Glycogène à 1,40 %, glucose à 18,8 %, ovalbumine à 0,1 %.

Cicatrisation. — Glucose (0,98), plus favorable que l'ovalbumine (0,94) et que le glycogène (0,89).

Formation du blastème. — Le glycogène (2,3) et le glucose (2,15) ont à peu près même influence; l'ovalbumine (1,61) est moins favorable.

Début de la différenciation. — L'ovalbumine (3,92) est plus favorable que le glucose (3,3) et que le glycogène (3).

7° Glucose à 3 % et peptone à 1 %.

Cicatrisation. — Glucose (0,79), plus favorable que la peptone (0,61).

Formation du blastème. — Le glucose (5,2) reste légèrement favorable, peptone (4,8).

Différenciation. — Action identique du glucose (6,8) et de la peptone (6,3).

Ces résultats amènent aux conclusions suivantes :

Les régénérats montrent une certaine sensibilité aux substances utilisées; cette sensibilité se manifeste généralement par une activation de la régénération. Celle-ci n'est donc pas un phénomène morphogénétique intangible. Pour une même substance, l'influence est fonction du taux de concentration. Une particularité mise en évidence est la possibilité d'utilisation, par les régénérats, de substances à grosses molécules (ovalbumine, glycogène), aussi bien que de celles à petites molécules (glucose), les premières probablement d'autant plus aisément que le taux des diastases est relativement important dans les tissus de régénération. Les diverses substances n'agissent pas uniformément sur les différentes périodes de la régénération. Il y a une succession de besoins définis des régénérats, qui sont plus ou moins sensibles à des sources d'énergie distinctes, suivant leurs stades de développement. La régénération se rapproche, en cela, du développement embryonnaire.

---

[3] Le bleu Trypan est employé, ici, pour servir de témoin au glycogène; ces substances formant des solutions colloïdales (cf. M. Lecamp, *Bull. Biol. France et Belgique*, 77, 1943, p. 110).

PHYSIOLOGIE. — *Importance de la voie d'introduction pour la réalisation et le traitement des intoxications chroniques.* Note de M. **Paul Chauchard**, M^me **Henriette Mazoué** et M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Soumettant des animaux (Rats, Cobayes, Lapins) à l'administration répétée chaque jour ou trois fois par semaine d'une substance active sur le système nerveux, par exemple les agents acidosiques ou alcalosiques, les vitamines, l'alcool, etc., nous avons constaté (1), et des résultats analogues ont été obtenus par Mouriquand et Coisnard (2), qu'au bout de quelques jours et progressivement se réalise un état d'intoxication chronique avec modification permanente des chronaxies nerveuses, celles-ci étant diminuées ou augmentées suivant le type d'intoxication. Alors qu'au début la perturbation nerveuse n'était que transitoire dans les minutes qui suivent l'injection, elle devient permanente.

Pour des raisons d'ordre pratiques, toutes nos intoxications avaient été réalisées soit *per os*, soit par injections sous-cutanées, intramusculaires ou intrapéritonéales. Désirant expliquer le mécanisme des heureux effets que déclenchent chez l'Homme alcoolique chronique les injections intraveineuses d'alcool (3), nous avons été amenés à étudier la voie intraveineuse dans les intoxications.

Nous avons alors soumis des Lapins à l'injection quotidienne dans la veine marginale de l'oreille de 5^{cm^3} de soluté isotonique de carbonate acide de sodium, de 5^{cm^3} d'alcool à 25° ou de 1^{cm^3} d'une solution de chlorhydrate de morphine ou de chlorhydrate de cocaïne à 1 %. Parallèlement, les mêmes doses de ces produits étaient administrées à d'autres Lapins par la voie sous-cutanée et nous avons suivi comparativement l'évolution de leurs chronaxies nerveuses déterminées chaque jour avant l'injection, suivant notre technique habituelle de mesures percutanées.

Dans ces conditions, l'animal qui est soumis aux injections sous-cutanées a ses chronaxies qui s'élèvent au bout de 3 à 4 jours, dans le cas du carbonate acide sodique, et qui s'abaissent en 5 à 8 jours pour l'alcool (4), de même que pour la morphine et la cocaïne. A ce moment commence l'intoxication chronique des centres nerveux. Par contre, les chronaxies des sujets recevant ces mêmes substances par la voie intraveineuse restent normales même après 15 jours de traitement. Il semble donc que la voie veineuse soit inefficace pour

(1) *Rev. Pathol. comp. et Hyg. gén.*, **45**, 1945, p. 108, et **46**, 1946, p. 554; *Bull. Soc. Chim. biol.*, **28**, 1946, p. 593; *Thérapie*, **1**, 1946, p. 229.
(2) *Presse méd.*, **54**, 1946, p. 173.
(3) L. Brumm et R. Lecoq, *Presse méd.*, **49**, 1941, p. 430, et *Thérapie*, **1**, 1946, p. 222.
(4) *C. R. Soc. Biol.*, **140**, 1946, p. 280.

réaliser une intoxication chronique analogue à celle que l'on obtient pour les autres voies. Cependant chaque injection intraveineuse possède son action, qui est plus ample que celle de l'injection sous-cutanée, mais dont l'effet demeure transitoire.

Si maintenant nous inversons la voie d'introduction, nous observons que le Lapin qui recevait telle substance par voie intraveineuse, mis à la thérapeutique sous-cutanée, présente des troubles chronaxiques chroniques en 2 à 3 jours, plus rapidement qu'un Lapin normal. Le Lapin qui recevait les injections sous-cutanées apparaît guéri de son intoxication et présente des chronaxies normales après 4 injections intraveineuses.

Donc, non seulement l'injection intraveineuse est incapable de déclencher l'intoxication chronique, mais elle est inapte à entretenir l'intoxication existante. Cette différence d'action doit tenir à ce que la voie veineuse permet des effets intenses, mais moins durables.

En dehors de l'intérêt théorique de ces constatations, elles offrent un intérêt pratique indéniable : c'est par un tel mécanisme que l'injection intraveineuse d'alcool (à doses dégressives) entraîne chez l'alcoolique, paradoxalement en apparence, la cessation de l'intoxication. Tout porte à croire que des résultats analogues s'obtiendraient avec une technique analogue, dans le traitement de la morphinomanie et de la cocaïnomanie. Des essais dans cette voie devraient être tentés.

L'organisme du toxicomane est en état de besoin, état qui nous semble lié aux perturbations nerveuses chroniques dues aux toxiques que révèle la chronaximétrie. L'administration par voie intraveineuse fournit à l'organisme le poison qu'il réclame, empêchant ainsi les troubles du sevrage et qui, du fait qu'elle n'entretient pas l'intoxication nerveuse, le conduit à la guérison.

En ce qui concerne l'état de besoin et son rapport avec l'intoxication nerveuse, il est intéressant de constater que, dans le cas de l'alcool, de la morphine et de la cocaïne, la nouvelle injection a toujours un effet correcteur ramenant transitoirement les chronaxies abaissées vers la normale ou les élevant même au-dessus (inversion du trouble), l'action étant plus forte par la voie intraveineuse. On comprend que l'organisme soit heureusement influencé par cet effet curateur transitoire et en réclame l'intervention. Alors que la voie sous-cutanée ajoute à cet heureux effet transitoire, l'intoxication chronique, la voie intraveineuse ne présente que le premier effet d'ailleurs amplifié et supprime l'intoxication.

Ajoutons que cet effet correcteur de la nouvelle injection ne se manifeste pas dans tout les cas : à côté des intoxications chroniques où le nouvel apport est transitoirement curateur (alcool, morphine, cocaïne, vitamines, etc.), il existe des intoxications (alcalose, acidose) où la nouvelle injection ne fait qu'aggraver les troubles, son amplitude d'action diminuant à mesure que se réalise l'état chronique.

Conclusions. — L'administration quotidienne par la voie intraveineuse d'une substance active sur le système nerveux ne permet pas, à l'inverse des autres voies, la réalisation d'un état d'intoxication chronique, sans doute en raison de la trop faible durée d'action de ce mode d'injection. De même, la substitution de la voie intraveineuse à une autre voie au cours d'une intoxication chronique amène la cessation de cette intoxication. L'intérêt primordial de ces résultats tient à leur application possible aux toxicomanies humaines.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Un nouvel enzyme contenu dans le foie des animaux supérieurs, la désulfinicase.* Note de M. **Claude Fromageot** et M[lle] **Fernande Chatagner**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On a vu récemment [1] l'existence d'une réaction enzymatique se manifestant en présence de foie broyé par la formation de sulfite à partir de l'acide *l*-cystéinesulfinique. Dans la présente Note, nous montrons la possibilité d'obtenir des préparations enzymatiques diverses : poudre acétonique et extraits aqueux capables de libérer du sulfite ou de l'anhydride sulfureux à partir du substrat en question.

Un foie de Lapin, convenablement perfusé par une solution de chlorure de sodium à 0,8%, est broyé au Latapie. Le broyat est ou bien employé tel quel, ou bien traité par l'acétone à 0° (deux fois par cinq fois son poids) puis par l'éther à 0° (une fois par cinq fois son poids); on obtient alors une préparation pulvérulente désignée sous le nom de *poudre acétonique*. Cette poudre acétonique est elle-même utilisée soit telle quelle, soit comme matière première pour l'obtention d'*extraits aqueux*; ceux-ci résultent de la macération de 2^g de poudre acétonique dans 20^{ml} de solution de phosphates tampon M/20, pH 7.3 pendant 2 heures sous azote, soit à 38° (A), soit à 0° (B), ou de la macération de $1^g,6$ de poudre acétonique dans 20^{ml} d'une solution de NaCl à 0,6%, à 0° en présence d'air, soit pendant une heure et demie (C), soit pendant 30 minutes (D). Dans le cas de ce dernier extrait, nous avons étudié les actions respectives du liquide obtenu, du résidu solide et de l'ensemble liquide + résidu.

Le milieu réactionnel est constitué par 20^{ml} d'une solution de phosphates tampon M/30 à pH 7.2, additionnée de $0^{ml},2$ de toluène, et contenant en solution ou en suspension les substances indiquées dans les tableaux ci-après; l'atmosphère surmontant le milieu est de l'azote pur. Ce milieu, agité ou non suivant la nature de la préparation fermentaire, est maintenu 2 heures au thermostat à 38°. Au bout de ce temps, on introduit dans les cellules contenant le milieu réactionnel, 3^{ml} d'acide phosphorique pur, puis on chasse l'anhydride sulfureux ainsi déplacé par un courant d'azote pur, la cellule étant chauffée aux environs de 40°. L'anhydride sulfureux recueilli dans un barboteur contenant une solution de soude N/10 est dosé soit sous forme de sulfate de baryum, soit par iodométrie. Les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux suivants :

---

[1] Cl. Fromageot et M. A. Royané, *Helv. Chim. Acta*, 29, 1946, p. 1279.

Tableau I. — *Action du broyat de foie et de la poudre acétonique.*

(Substrat = 0,33 millimol de cystéinesulfinate de sodium.)

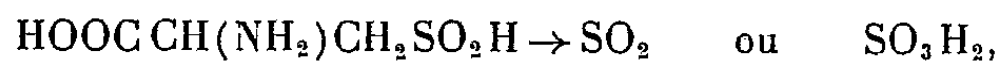
Substances en expériences.	Quantité en g de matière sèche de la préparation fermentaire.	Millimol de SO_2 formé. 10^2.
Broyat de foie	1,6	0,25
Substrat	–	0,10
Broyat de foie + substrat	1,6	8,5 ± 1
Poudre acétonique	1,6	0,20
Poudre acétonique + substrat	1,6	7,4 ± 1

Tableau II. — *Action d'extraits liquides.*

(Dans tous les cas, le milieu contient 0,33 millimol de cystéinesulfinate de sodium.)

Nature de l'extrait.	Volume recueilli (ml).	Millimol de SO_2 formé. 10^2.
A	12	3,3
B	12	3,3
C	14	3,5 ± 0,1
D, extrait liquide	14	3,6 ± 0,2
D, résidu solide	–	0,6 ± 0,3
D, extrait liquide + résidu solide	20	4,0 ± 0,2

Ces résultats montrent de façon indiscutable qu'il existe bien, dans le foie des animaux supérieurs, un enzyme dont l'action correspond à



$$HOOC\,CH(NH_2)CH_2SO_2H \rightarrow SO_2 \quad \text{ou} \quad SO_3H_2,$$

avec formation concomitante très probable d'alanine.

La formation de sulfite à partir de l'acide cystéine-sulfinique vient confirmer une hypothèse émise autrefois par Pirie ([2]) et montre comment fonctionne l'un des mécanismes, et probablement le plus important de la minéralisation du soufre organique chez les animaux supérieurs.

Quel que soit le mode d'action intime de l'enzyme dont il s'agit ici, étant donné que cette action correspond finalement à l'élimination du groupe SO_2 de l'acide cystéine-sulfinique, nous proposons de donner à ce nouvel enzyme le nom de *désulfinicase*.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h35m.

L. B.

([2]) N. W. Pirie, *Biochem. J.*, 28, 1934, p. 305.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 FÉVRIER 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **DAVID KEILIN** est élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, en remplacement de M. *Eugène Bataillon*, élu Membre non résidant.

COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **ÉMILE BOREL**, **AIMÉ COTTON**, **JEAN BECQUEREL**, pour la Division des Sciences Mathématiques; **MAURICE CAULLERY**, **MAURICE JAVILLIER**, **ALBERT DEMOLON** pour la Division des Sciences Physiques, sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats pour chacune des deux places d'Associés étrangers vacantes par la mort de Sir *William Bragg* et M. *Pieter Zeeman*.

CORRESPONDANCE.

M. **GUSTAVE CHOQUET** adresse des remercîments à l'Académie pour la distinction accordée à ses travaux.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° L.-J. LAPORTE. *Ce qu'il faut savoir du monde microscopique. Méthodes de récolte, d'examen et de préparation. Éléments de microphotographie.*

2° *Fredrik Mallet och Daniel Melanderhjelm, tva Uppsala-astronomer,* av N. V. E. NORDENMARK.

3° *The First Hundred Years of the Smithsonian Institution.* 1846-1946.

4° Société industrielle de Mulhouse. *Bi-centenaire de l'impression sur étoffe en Alsace.* 1746-1946.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur la notion de limite projective de groupes topologiques*. Note (1) de M. **Jean Braconnier**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soient I un ensemble *ordonné* (par la relation $\prec$) *filtrant* (*à gauche*) (2) et $(G_\alpha)_{\alpha\in I}$ une famille de groupes topologiques vérifiant les conditions suivantes :

(L_I). *Si* $\alpha\in I$, $\beta\in I$ *et* $\alpha\prec\beta$, *il existe une représentation continue* $f_{\beta\alpha}$ *d'un sous-groupe ouvert* $H_{\alpha\beta}$ *de* G_α *dans* G_β.

(L_{II}). *Si* $\alpha\in I$, $\beta\in I$, $\gamma\in I$ *et* $\alpha\prec\beta\prec\gamma$, *on a* $H_{\alpha\gamma}\subset H_{\alpha\beta}$, $\overset{-1}{f}_{\alpha\beta}(H_{\beta\gamma})=H_{\alpha\gamma}$ *et* $f_{\gamma\alpha}=f_{\gamma\beta}.f_{\beta\alpha}$.

Dans le groupe produit $\prod_{\alpha\in I} G_\alpha$, soit A (resp. B) l'ensemble des $(x_\alpha)_{\alpha\in I}$ tels qu'il existe $\alpha\in I$ tel que $x_{\alpha'}\in H_{\alpha'\alpha}$ (resp. $x_{\alpha'}$ soit l'élément neutre $e_{\alpha'}$ de $G_{\alpha'}$), si $\alpha'\prec\alpha$, et $f_{\alpha'\alpha''}(x_{\alpha''})=x_{\alpha'}$, si $\alpha''\prec\alpha'$. A est un sous-groupe de $\prod_{\alpha\in I} G_\alpha$ et B un sous-groupe *distingué* de A. Soit U_α un voisinage de e_α dans G_α et $V(U_\alpha)$ l'ensemble des $(x_\alpha)_{\alpha\in I}\in A$ tels qu'il existe $\alpha'\prec\alpha$ tel que $x_{\alpha''}\in H_{\alpha''\alpha}$ et $f_{\alpha\alpha''}(x_{\alpha''})\in U_\alpha$, si $\alpha''\prec\alpha'$. Lorsque U_α décrit un système fondamental de voisinages de e_α dans G_α et α décrit I, $V(U_\alpha)$ décrit un système fondamental de voisinages de l'élément neutre dans une topologie *compatible* avec la structure du groupe A. On dit que le *groupe topologique quotient* $A/B=G$ est *limite de la famille de groupes* $(G_\alpha)_{\alpha\in I}$ (*par rapport aux* $H_{\alpha\beta}$ *et aux* $f_{\beta\alpha}$) (3). Si I′ est un sous-ensemble *fondamental* (4) de I, et si G′ est limite de la famille $(G_\alpha)_{\alpha\in I'}$ [par rapport aux $H_{\alpha\beta}$ et aux $f_{\beta\alpha}$ ($\alpha\in I'$, $\beta\in I'$)], G et G′ sont *isomorphes*. Si, pour tout $\alpha\in I$, G_α est *séparé* (resp. *complet*), G est *séparé* (resp. *complet*).

Soient $(G_\iota)_{\iota\in K}$ une famille de groupes topologiques, H_ι un sous-groupe *ouvert* de G_ι. Soit G′ le sous-groupe de $\prod_{\iota\in K} G_\iota$, formé par les $(x_\iota)_{\iota\in K}$ tels que $x_\iota\in H_\iota$ pour tout indice $\iota\in K$, excepté un nombre *fini*. Tout système fondamental de voisinages de l'élément neutre dans le groupe topologique produit $\prod_{\iota\in K} H_\iota$ est un système fondamental de voisinages de l'élément neutre dans une topologie *compatible* avec la structure de groupe de G′; le

(1) Séance du 27 janvier 1947.

(2) Nous utilisons les notations et la terminologie de N. Bourbaki, *Éléments de Mathématique* (*Actualités scientifiques et industrielles*, nos 848 et 916).

(3) Si $H_{\alpha\beta}=G_\alpha$ pour tous $\alpha\in I$ et $\beta\in I$ tels que $\alpha\prec\beta$, (G_α) est un *inverse homomorphism system*, au sens de N. E. Steenrod, *Universal Homology Groups* (*American Journal of Mathematics*, 58, 1936, p. 664), et G est *limite* de cet *inverse homomorphism system*.

(4) I′ est un sous-ensemble *fondamental* de I si, pour tout $\beta\in I'$, il existe $\alpha\in I$ tel que $\alpha\prec\beta$.

groupe topologique G′ ainsi défini est appelé le *produit direct local des* G_ι (*relativement aux* H_ι) (⁵). L'ensemble $\mathfrak{F}(K)$ des parties *finies* de K, ordonné par la relation $\supset$, est *filtrant* (*à gauche*). Si $J \in \mathfrak{F}(K)$, soit $G_J = \prod_{\iota \in J} G_L$. Si $J \supset J'$, $H_{JJ'} = \prod_{\iota \in J'} G_\iota \times \prod_{\iota \in J \cap \complement J'} H_\iota$ est un sous-groupe ouvert de G_J et $(x_\iota)_{\iota \in J} \succ (x_\iota)_{\iota \in J'}$ est un homomorphisme $f_{J'J}$ de $H_{JJ'}$ sur $G_{J'}$. Les G_J, $H_{JJ'}$ et $f_{J'J}$ vérifient les conditions (L_I) et (L_{II}) et G′ est *limite de la famille* $(G_J)_{J \in \mathfrak{F}(K)}$ (*par rapport aux* $H_{JJ'}$ *et aux* $f_{J'J}$).

2. Supposons que la famille $(G_\alpha)_{\alpha \in I}$ vérifie en outre les conditions suivantes :

(L_{III}). *Si* $\alpha \prec \beta \prec \gamma$, $f_{\beta\alpha}$ *est un homomorphisme de* $H_{\alpha\beta}$ *sur* G_β *et* $f_{\beta\alpha}(H_{\alpha\gamma}) = H_{\beta\gamma}$;

(L_{IV}). *Il existe* $\alpha_0 \in I$ *tel que* $\overset{-1}{f}_{\alpha_0\alpha}(e_{\alpha_0})$ *soit compact, si* $\alpha \prec \alpha_0$.

On dit alors que le groupe G, défini précédemment, est *limite projective de la famille de groupes* $(G_\alpha)_{\alpha \in I}$ (*par rapport aux* $H_{\alpha\beta}$ *et aux* $f_{\beta\alpha}$). G est aussi *limite projective* de la famille $(G_\alpha)_{\alpha \prec \alpha_0}$. Pour que G soit compact (resp. discret), il faut et il suffit qu'il existe $\beta \in I$ tel que, si $\alpha \prec \beta$, G_α soit compact (resp. discret) et que $H_{\alpha\beta} = G_\alpha$ [resp. $\overset{-1}{f}_{\beta\alpha}(e_\beta) = e_\alpha$] (⁶). Pour que G soit *localement compact*, il faut et il suffit qu'il existe $\beta \in I$ tel que G_α soit *localement compact*, si $\alpha \prec \beta$.

Soit G un groupe *abélien localement compact*, limite projective d'une famille $(G_\alpha)_{\alpha \in I}$ de groupes abéliens localement compacts [par rapport à des sous-groupes $H_{\alpha\beta}$ et des $f_{\beta\alpha}$ tels que $\overset{-1}{f}_{\alpha\beta}(e_\beta)$ soit *compact*, pour tous $\alpha \in I$, $\beta \in I$, $\alpha \prec \beta$], $\hat{G}$ (resp. $\hat{G}_\alpha$) le *dual* de G (resp. G_α). $\hat{G}$ est limite projective de la famille de groupes $(\hat{G}_\alpha)_{\alpha \in I}$ [par rapport aux sous-groupes *conjugués* des $\overset{-1}{f}_{\alpha\beta}(e_\beta)$ et aux homomorphismes *contragrédients* des $f_{\beta\alpha}$ (⁷)].

Tout groupe *abélien localement compact* est limite projective d'une famille de groupes de la forme $\mathbf{R}^n \times \mathbf{T}^m \times F$. F étant un groupe abélien *discret* à un nombre *fini* de générateurs (⁸). La réciproque est évidente. Tout groupe *localement compact, totalement discontinu*, dont les *deux* structures uniformes sont *identiques*, est limite projective de groupes *discrets* à un nombre *fini* de

(⁵) Cf. J. Braconnier et J. Dieudonné, *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 577-579.

(⁶) Dans ce dernier cas, $(G_\alpha)_{\alpha \prec \beta}$ est un *direct homomorphism system*, au sens de N. E. Steenrod, *op. cit.*, p. 669), (par rapport aux *isomorphismes* $\overset{-1}{f}_{\beta\alpha}$), et G est *limite* de ce *direct homomorphism system*.

(⁷) Si f est un *homomorphisme* d'un sous-groupe *fermé* H d'un groupe abélien localement compact G sur un groupe G′ et si $\overset{-1}{f}(e') = K$, le *dual* de l'isomorphisme $xK \to f(x)$ de H/K sur G′ est un *isomorphisme* φ du dual $\hat{G}'$ de G′ sur K^*/H^* (H^* et K^* étant respectivement les *conjugués* de H et K dans le dual de G); si $\hat{x} \in K^*$, $\hat{x} \to \overset{-1}{\varphi}(\hat{x}H^*)$ est un *homomorphisme* $\hat{f}$ de K^* sur $\hat{G}'$, qu'on appelle le *contragrédient* de f. Cf. A. Weil, *L'intégration dans les groupes topologiques*, § 28 (*Act. scient. et ind.*, n° 869).

(⁸) Cf. A. Weil, *op. cit.*, § 26.

générateurs. Il serait intéressant d'étudier les groupes localement compacts qui sont limites projectives de familles de groupes $(G_\alpha)_{\alpha \in I}$, G_α étant un *groupe de Lie* dont la *composante connexe* de l'élément neutre est un sous-groupe *ouvert* G'_α, isomorphe à un *groupe de Lie semi-compact* et tel que G_α/G'_α ait un nombre *fini* de générateurs (9).

ESPACES ABSTRAITS. — *Espaces à écart généralisé régulier.* Note (1) de M. **Jean Colmez.**

Généralisant une notion récemment introduite par M. Fréchet (2), nous dirons qu'un ensemble partiellement ordonné $\mathcal{E}$ est une échelle généralisée si $\mathcal{E}$ a un premier élément $\emptyset$ et si $\mathcal{E} - \emptyset$ n'a pas de premier élément et est filtrant à gauche (3).

E étant un ensemble, $\rho(x, y)$ fonction définie sur $E \times E$ prenant ses valeurs dans $\mathcal{E}$ est dit écart régulier généralisé au 1er [2e type] si elle vérifie :

1° $\rho(x, y) = \emptyset$ si et seulement si $x = y$; 2° $\rho(x, y) = \rho(y, x)$; 3° étant donné $\xi \in \mathcal{E}$, il existe $\xi' = \varphi(\xi)$ tel que $\rho(x, y) \leqq \xi'$ et $\rho(y, z) \leqq \xi'$ $[\rho(x, y) \not\geq \xi', \rho(y, z) \not\geq \xi']$ entraîne $\rho(x, z) \leqq \xi$ $[\rho(x, z) \not\geq \xi]$.

$V_\xi(a)$ désignant l'ensemble des x tels que $\rho(a, x) \leqq \xi$ $[\rho(a, x) \not\geq \xi']$, E sera dit espace à écart généralisé du 1er [2e type] si la fonction ρ précédente est telle que les $V_\xi(a)$ pour $\xi \neq \emptyset$ constitue un système de voisinage de a pour chaque $a \in E$.

Théorème. — *Tout espace qu'on peut munir d'un écart régulier généralisé du deuxième type, est un espace complètement régulier et réciproquement. Un espace qu'on peut munir d'un écart régulier du premier type est un espace complètement régulier possédant une structure uniforme* (4) *ayant une base* $\mathcal{B}$ *telle que l'intersection des éléments de* $\mathcal{B}$ *contenant un couple* (x, y), $x \neq y$, *de* $E \times E$, *contient un élément de* $\mathcal{B}$, *et réciproquement.*

Lemme. — *Si* $\mathcal{E} - \emptyset$ *possède un ensemble ordonné cofinal* (5), *tout espace à écart généralisé avec l'échelle* $\mathcal{E}$ *possède un écart au sens de M. Fréchet.* D'où : La condition nécessaire et suffisante pour qu'un espace du premier type soit un espace à écart est qu'il existe une suite monotone de points distincts deux à deux convergent vers un point a de E (6). Si un espace à écart généralisé du

(9) Cf. A. Weil, *op. cit.*, § 32.

(1) Séance du 3 février 1947.

(2) *Portugaliæ Mathematica*, 5, p. 121.

(3) C'est-à-dire si ξ et $\xi' \in \mathcal{E} - \emptyset$, il existe $\xi'' \in \mathcal{E} - \emptyset$ avec $\xi'' \prec \xi'$ et ξ.

(4) Voir Bourbaki, *Éléments de Mathématiques*, III, Chap. II.

(5) Dans un ensemble partiellement ordonné, $\mathcal{E}$, l'on dit que deux sous-ensembles $\mathcal{E}'$, $\mathcal{E}''$ sont cofinaux [coïnitiaux], si pour tout a de $\mathcal{E}'$, il existe b de $\mathcal{E}''$ avec $\succ a\,[b \prec a]$ et pour tout b de $\mathcal{E}''$, il existe a de $\mathcal{E}'$ avec $a \succ b\,[a \prec b]$.

(6) C'est-à-dire une suite de points a_μ, $\mu \in$ ensemble ordonné telle qu'étant donné le voisinage $V(a)$ de a, il existe μ_0 tel que $\mu \geqq \mu_0$ entraîne $a_\mu \in V(a)$.

premier type possède un ensemble dénombrable ayant au moins un point d'accumulation, il est métrisable.

Il en résulte que les espaces de Hausdorf compacts non métriques sont des espaces complètement réguliers qui ne peuvent être munis d'un écart généralisé régulier du premier type.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Mouvement d'un fluide visqueux entre sphères concentriques.* Note ([1]) de M. **Fernand Charron**, présentée par M. Henri Villat.

Poursuivant nos recherches sur ce problème ([2]), nous avons utilisé dans un intervalle de vitesses du même ordre de grandeur, des liquides beaucoup moins visqueux que les précédents. Ce sont des mélanges d'huile de vaseline et de pétrole dont la viscosité est voisine de 0,2 C.G.S. Les phénomènes observés sont profondément différents.

Les trajectoires ne sont plus des circonférences parallèles à l'équateur, mais des courbes gauches qui se détachent vers le haut et vers le bas, tangentiellement au plan équatorial. Phénomène curieux, ce plan équatorial semble être infranchissable pour toute particule liquide. Un globule coloré, de même densité que le milieu ambiant, décrit une trajectoire compliquée, mais reste indéfiniment dans l'hémisphère supérieur ou dans l'hémisphère inférieur, suivant sa position initiale, sans passer jamais de l'un dans l'autre.

Enfin, les couples mesurés ne sont plus proportionnels aux vitesses angulaires. Ainsi, pour des vitesses successivement égales à 22,6, 34, 46, 54, 64 t/mn, les couples mesurés furent trouvés égaux à 303,8, 535, 810, 1027, 1302 dynes-centimètre. A mesure que la vitesse croît, le couple mesuré s'écarte du couple calculé. L'erreur par excès du couple mesuré sur le couple calculé atteint successivement 7, 25, 40, 55 et 60 %.

Il est probable que l'omission des forces d'inertie dans les équations du mouvement est responsable du désaccord. Sans attendre l'intégration des équations complètes, probablement très pénible, on peut se rendre compte schématiquement, de la manière suivante, que l'intervention de la force centrifuge s'oppose au mouvement simple par circonférences parallèles.

En effet, dans cette solution simplifiée, la vitesse angulaire ω ne dépend que de la distance R au centre commun des deux sphères. Elle a pour valeur

$$\omega=\omega_1\left(\frac{A}{R^3}-B\right),$$

ω_1 est la vitesse angulaire de la sphère mobile, A et B sont des constantes d'intégration, fonctions des rayons des deux sphères.

([1]) Séance du 3 février 1947.

([2]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1098.

Appelons ρ la densité du liquide; r la distance d'une particule à l'axe de rotation Oz, et z sa hauteur au-dessus du plan équatorial. La rotation crée un champ de force centrifuge; la force de volume correspondante est

$$\rho\omega^2 r = \rho\omega_1^2\left[\frac{A}{(r^2+z^2)^{\frac{3}{2}}} - B\right]^2 r.$$

Elle dépend de z. Il en résultera, dans la répartition de la pression un terme proportionnel à ω_1^2 et dépendant aussi de z. Donc il existe, indépendamment de la pesanteur, un gradient de pression dp/dz. Ce gradient contient ω_1^2 en facteur, il s'oppose au mouvement plan suivant des circonférences parallèles à l'équateur dès que ω_1 prend une valeur notable, qui rend l'effet de ce gradient de pression dp/dz, sur un élément du fluide, comparable aux forces de viscosité.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur le calcul des débits dans les écoulements permanents à la Poiseuille.* Note (¹) de M. **Oleg Yadoff**, présentée par M. Henri Villat.

En adoptant les notations déjà utilisées (²), examinons la section droite D de forme rectangulaire de dimensions $-d \leqq x \leqq d$, $-\delta \leqq y \leqq \delta$ et dont le contour sera noté C. La répartition $u(x, y)$ des vitesses de l'écoulement dans D est donnée par l'expression

$$u = -\frac{a}{4\mu}[V - (x^2 + y^2)],$$

dans laquelle V est une nouvelle inconnue correspondant à la solution de $\Delta V = 0$, et prenant sur le contour C les mêmes valeurs que $x^2 + y^2$. Ceci étant posé, le but de notre Note consiste à compléter les développements de M. J. Kravtchenko en explicitant la fonction V dans la section D, et à rechercher, à titre de vérification, par voie de passage à la limite, la loi des vitesses dans le cas de l'écoulement entre deux plans indéfinis parallèles; nous calculons par la suite le débit du liquide Q, lorsque $d = \delta$.

I. Posons : $z = x + iy$, $\zeta = \xi + i\eta$, en représentant conformément D sur $|\zeta| \leqq 1$ au moyen de $z|\zeta| = 2K\int_0^\zeta \frac{d\zeta}{\sqrt{\zeta^4 - 2\zeta^2\cos 2\alpha + 1}}$ qui conserve les origines et la symétrie par rapport aux axes.

Les paramètres réels $\alpha\,(0 \leqq \alpha \leqq \pi/2)$ et $K\,(K > 0)$ sont reliés aux quantités d et δ, *données*, par les relations :

$$\delta\int_\alpha^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\theta}{\sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\theta}} = d\int_0^\alpha \frac{d\theta}{\sqrt{\cos^2\theta - \cos^2\alpha}}; \qquad \delta = 2K\int_0^\alpha \frac{d\theta}{\sqrt{\cos^2\theta - \cos^2\alpha}}.$$

(¹) Séance du 3 février 1947.

(²) *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 192-193.

Les intégrales définies dans l'intervalle (o, α) et (α, $\pi/2$) sont classiques dans la théorie des fonctions elliptiques; les tables permettent donc de construire la courbe $\alpha = \varphi(\delta/d)$ sur laquelle nous reviendrons ultérieurement. Le cas du carré correspond à $\alpha = \pi/4$.

En appliquant la formule de Schwarz-Villat, V_1 désignant la fonction harmonique conjuguée de V, nulle pour $\rho = 0$, on obtient

$$(a)\qquad V + iV_1 = \frac{4}{\pi}\left[\frac{J_0}{2} + \sum J_n \zeta^{2n}\right];$$

les coefficients J_n sont ici de la forme $z(\zeta)$:

$$(a')\qquad J_n = \frac{K^2}{2n}[F_n(\pi) + F_n(0) - 2F_n(2\alpha)] \quad \text{avec} \quad n \neq 0.$$

La fonction $F_n(\varphi)$ est une primitive du polynome $R_{n-1}(\cos\varphi)$, de degré $n-1$ en $\cos\varphi$, défini pour $\varphi > \alpha$, par exemple, par

$$(a'')\qquad \frac{1}{\sqrt{\cos 2\alpha - \cos\varphi}} \int_{2\alpha}^{\varphi} \frac{\sin n\varphi \, d\varphi}{\sqrt{\cos 2\alpha - \cos\varphi}} = R_{n-1}(\cos\varphi).$$

Nous avons formé le tableau des coefficients des $R_{n-1}(\cos\varphi)$.

Dans le cas du carré (a), (a'), (a'') se simplifient; les J_{2n+1} sont nuls; les $J_{2n} = (-1)^n(2d^2/\pi b^2 n)I_n$; les I_n s'expriment au moyen de la formule $\sum_{p=n=1}^{p=0} U_n(p)$, donnée dans notre Note précitée.

Le cas limite $d = \infty$, δ restant fini, s'obtient en faisant $\alpha \to 0$; les fonctions $z(\zeta)$ et J_n se réduisent alors respectivement à :

$$z = 2k \log\frac{1+\zeta}{1-\zeta} \qquad \text{et} \qquad J_n = \frac{\pi K^2}{n}\sum_{1}^{n}\frac{1}{2n-1}.$$

Au cercle $|\zeta| \leq 1$ correspond alors la bande infinie $|y| \leq (\pi/2)K$; on montre aisément que V se réduit à $x^2 - y^2 + 2\delta^2$, d'où $u = -(a/2\mu)(\delta^2 - y^2)$, ce qui est le résultat classique.

II. Le calcul du débit du liquide Q à travers le tube, dans le cas où $\delta = d$, s'effectue, en posant $\zeta = \rho e^{i\theta}$ et en faisant dans les expressions (a) et $z(\zeta)$, $\alpha = (\pi/4)$:

$$Q = \frac{2}{3}\frac{a}{\mu}d^4 - \frac{a}{4\mu}Q_1,$$

avec

$$Q_1 = \frac{16K^2}{\pi}\left[\frac{J_0}{2}\iint_{|\zeta|\leq 1}\frac{\rho\, d\rho\, d\theta}{\sqrt{\rho^8 + 2\rho^4\cos 4\theta + 1}} + \sum_{1}^{\infty} J_n \iint_{|\zeta|\leq 1}\frac{\rho^{2n+1}\cos 2n\theta\, d\rho\, d\theta}{\sqrt{\rho^8 + 2\rho^4\cos 4\theta + 1}}\right].$$

L'expression $(\rho^8 + 2\rho^4 \cos^4\theta + 1)^{-1/2}$ se développe en série entière en ρ^4 dont les coefficients sont des polynomes de Legendre. On peut alors effectuer le calcul approché de l'expression entre les crochets de Q_1 qui diffère de $7K^2$ de $K^2/70$ au plus.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur l'indépendance stochastique des observables.* Note [1] de MM. **Edmond Arnous** et **Serge Colombo**.

Dans une Note antérieure [2] l'un d'entre nous a montré : 1° que l'existence d'une liaison stochastique [3] entre deux observables dépendait essentiellement de l'état Ψ du système mécanique : deux observables indépendantes pour un certain état ne le sont pas nécessairement pour un autre état; 2° que deux observables, représentées par les opérateurs A et B self-adjoints, bornés et permutables, étaient stochastiquement indépendantes, si la multiplicité définie par les itérés Ψ, $A\Psi$, $A^2\Psi$, ... de A coupait *à angle droit*, le long de Ψ, la multiplicité définie par les itérés Ψ, $B\Psi$, $B^2\Psi$, ... de B.

Étant donné le rôle que la notion d'indépendance stochastique est susceptible de jouer en statistique quantique, nous voudrions étendre le résultat précédent aux opérateurs non bornés. Cela, d'ailleurs, ne fait pas grande difficulté. La méthode est la même : on forme la fonction caractéristique de la loi de probabilité conjuguée de A et B et l'on écrit qu'elle est égale au produit des fonctions caractéristiques des lois de A et de B :

$$K(s, t) = K(s, 0)\,K(0, t). \tag{1}$$

Désignons par $U_{\vec{r}} = U_{s,t}$ la famille unitaire attachée à l'observable (A, B) [4]. $U_{s,0}$ représente alors l'observable A et $U_{0,t}$ l'observable B. Les opérateurs self-adjoints A et B sont les transformations infinitésimales des familles $U_{s,0}$ et $U_{0,t}$.

Comme l'a fait remarquer M. Louis de Broglie dans une Note récente [5], les probabilistes ne se soucient pas de savoir s'il existe réellement une épreuve au cours de laquelle les observables A et B peuvent être mesurées simultanément. Les physiciens, au contraire, doivent s'en préoccuper. Dans le formalisme précédent l'existence d'une telle épreuve est assurée, dès que les opérateurs de la famille $U_{\vec{r}}$ forment un groupe

$$U_{\vec{r}_1+\vec{r}_2} = U_{\vec{r}_1} \cdot U_{\vec{r}_2}.$$

---

(1) Séance du 3 février 1947.

(2) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 389.

(3) Liaison au sens du calcul des probabilités.

(4) Au lieu de $U_{\vec{r}}$, nous avions écrit, dans la Note précédente, exp. $i(uA + vB)$. Cette notation n'a plus d'intérêt ici, puisque l'exponentielle ne peut être développée en série que si A et B sont bornés.

(5) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 874.

En effet, si $\vec{r}_1$ est le vecteur de composantes s et o et $\vec{r}_2$ le vecteur de composantes o et t, nous pouvons écrire

$$U_{\vec{r}_1+\vec{r}_2} = U_{\vec{r}_1} . U_{\vec{r}_2} = U_{s,o} U_{o,t} = U_{o,t} U_{s,o},$$

et cette dernière égalité est l'expression rigoureuse de la permutabilité de A et B.

Ceci dit, nous pouvons aborder la démonstration de notre théorème. Écrivons la fonction caractéristique de la loi conjuguée de A et B

$$K(s, t) = (\Psi, U_{\vec{r}} \Psi) = (U_{-s,o} \Psi, U_{o,t} \Psi).$$

L'équation (1) s'écrit alors

$$(2) \qquad (U_{-s,o} \Psi, U_{o,t} \Psi) = (U_{-s,o} \Psi, \Psi) (\Psi, U_{o,t} \Psi).$$

Désignons par P le projecteur sur le sous-espace orthogonal à Ψ

$$U_{s,o} \Psi = (\Psi, U_{s,o} \Psi) \Psi + P U_{s,o} \Psi,$$
$$U_{o,t} \Psi = (\Psi, U_{o,t} \Psi) \Psi + P U_{o,t} \Psi.$$

L'équation (2) se réduit maintenant à

$$(P U_{-s,o} \Psi, P U_{o,t} \Psi) = 0.$$

C'est le résultat cherché. Il s'énonce ainsi : Appelons $\mathcal{J}_A(\Psi)$ et $\mathcal{J}_B(\Psi)$ les multiplicités définies par $U_{s,o}\Psi$ et $U_{o,t}\Psi$ lorsque s et t varient. *Pour que* A *et* B *soient stochastiquement indépendants, il faut et il suffit que* $\mathcal{J}_A(\Psi)$ *et* $\mathcal{J}_B(\Psi)$ *se coupent* à angle droit *le long de* Ψ.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur les émissions radioélectriques du Soleil.* I. Note [1] de M. JAN V. GARWICK, présentée par M. Charles Maurain.

1. Entre les hypothèses faites jusqu'ici pour expliquer les émissions radioélectriques du Soleil, celle qui est fondée sur l'enroulement des électrons autour des lignes de force d'un champ magnétique semble à présent la plus probable. Dans cette Note je veux développer quelques conséquences de cette hypothèse.

2. Examinons une couche à une profondeur x dans une tache solaire où règne un champ magnétique H perpendiculaire à la surface du Soleil.

Les électrons tournent autour des lignes de force avec une pulsation $\omega = eH/mc$ (e et m étant la charge et la masse de l'électron, c la vitesse de la lumière et H l'intensité du champ magnétique). L'intensité du rayonnement est donc proportionnelle à $\omega^4 a^2$, où a est le rayon de la spirale décrite par un électron. La composante V de la vitesse de l'électron normale au champ magnétique est égale à ωa. Par suite, l'intensité du rayonnement est proportionnelle à $\omega^2 V^2$.

[1] Séance du 23 décembre 1946.

En moyenne V^2 est seulement fonction de la température que nous supposons constante.

Si l'épaisseur de la couche, que nous considérons, est dx, l'intensité rayonnée est proportionnelle à

$$\omega^2\,dx = \frac{e^2}{m^2c^2}\,H^2\,dx = \frac{e^2}{m^2c^2}\,\frac{H^2}{\frac{dH}{dx}}\,dH \propto \frac{H^2}{\frac{dH}{dx}}\,d\nu,$$

où ν est la fréquence ([2]).

L'intensité observée peut s'exprimer en fonction de ν ou bien de H, soit F(H). On a alors $A[H^2/(dH/dx)] = F(H)$, où A est une constante quand la température, le nombre d'électrons par centimètre cube et la section de la tache ne varient pas avec x.

Cette équation peut s'écrire

$$Ax = \int \frac{F(H)}{H^2}\,dH + \text{const.}$$

De cette équation on peut tirer x comme fonction de H; seulement on ne connaît ni l'origine ni l'échelle des x. Utilisant les observations d'Appleton ([3]) qui sont données par la courbe (*fig.* 1) (les observations sont indiquées par des carrés), on trouve la relation entre H et x représentée par la figure 2.

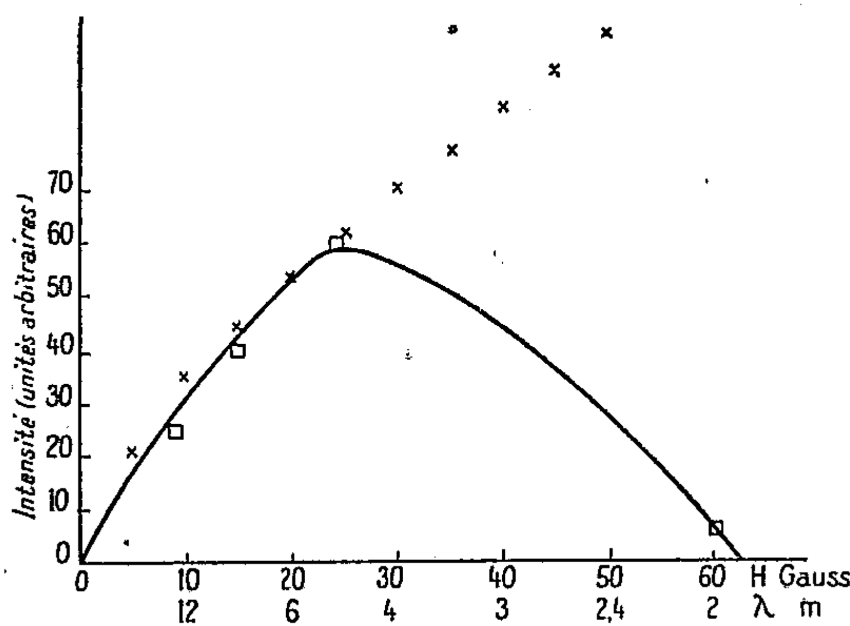


Fig. 1.

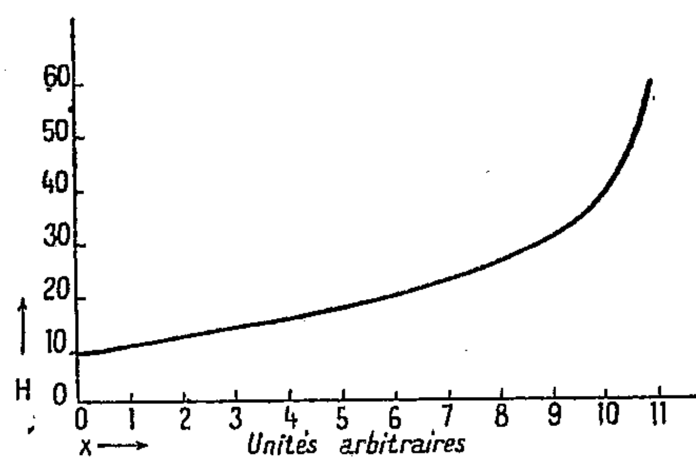


Fig. 2.

Comme le champ magnétique nécessaire est très faible comparé avec celui qu'on trouve dans l'intérieur des taches solaires, on peut conclure que le phénomène que nous décrivons a lieu dans la partie extérieure de l'atmosphère solaire ou même dans la couronne inférieure.

A une telle distance du centre des taches, on peut certainement représenter avec une bonne approximation le champ magnétique par celui d'un dipôle magnétique et écrire $H \propto y^{-3}$, où y est la distance du dipôle. De cette formule,

(2) Cette équation est un cas particulier d'une équation donnée par Kiepenheuer (*Nature*, 158, 1946, p. 340).

(3) *Nature*, 156, 1945, p. 534

on tire $[H^2/(dH/dx)] \propto y^{-2} \propto H^{2/3}$. Les croix de la figure 1 sont déterminées d'après cette formule.

3. Nous allons discuter les résultats obtenus. La méthode qui vient d'être exposée permet de déterminer l'intensité du champ magnétique dans les couches extérieures du Soleil. Il semble résulter de la figure 2 que l'intensité commence à augmenter brusquement dans une certaine couche (vers $x = 10$). Cette conclusion n'est pas très sûre, car il n'y a pas d'observations dans l'intervalle $2^m < \lambda < 5^m$.

L'accord entre la courbe expérimentale et la courbe théorique semble justifier l'hypothèse que l'intensité du rayonnement est proportionnelle à $H^{2/3}$ ou bien à $\lambda^{-2/3}$ pour $\lambda > 5^m$. Il faudrait essayer de contrôler cette déduction par des observations. Il est intéressant d'étudier les causes du désaccord entre les deux courbes de la figure 1, entre $\lambda = 2^m$ et $\lambda = 5^m$. Il y a plusieurs possibilités. Comme le rayonnement correspond ici à des couches plus profondes dans le Soleil, une ou plusieurs de nos hypothèses peuvent ne plus être valables. Les valeurs trop grandes que nous trouvons pour le rayonnement peuvent s'expliquer soit par une température trop élevée (température de la couronne, 2.10^6 degrés, température de la chromosphère, 6.10^3 degrés), soit par une section trop grande (les taches ont une forme à peu près conique). D'ailleurs il ne semble pas probable que nous ayons une densité électronique trop grande, car elle augmente vers l'intérieur du Soleil, ni que notre formule pour le champ magnétique soit très erronée parce que la valeur maximum du champ est de l'ordre de 4000 à 10000 gauss, et il est probable que cette formule qui est bonne entre zéro et 25 gauss reste bonne jusqu'à plusieurs centaines de gauss. Il y a d'ailleurs une autre possibilité pour expliquer le désaccord entre les deux courbes, c'est de postuler une absorption. L'effet de cette absorption serait représenté par l'intervalle entre les deux courbes. Une étude de cette absorption serait très intéressante parce qu'elle fournirait des renseignements sur la densité électronique. Il faut remarquer qu'entre $\lambda = 2^m$ et $\lambda = 5^m$ il n'y a pas une seule observation, et il est très possible que la vraie courbe suive la courbe calculée presque jusqu'à $\lambda = 2^m$, et qu'il y ait une forte absorption à partir de là. Dans ce cas la montée rapide de la courbe de la figure 2 disparaîtrait.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur une formule relative à la réflexion des ondes.* Note (1) de M. **Pierre Marie**.

Nous allons interpréter la formule

$$\operatorname{tg}^2 \frac{u}{2} = \operatorname{tg}(\psi_1 + \alpha_1) \operatorname{tg}(\psi_2 + \alpha_2) \qquad (14)$$

(1) Séance du 13 janvier 1947.

qu'il est facile d'obtenir en éliminant t_1, r_1, t_2, r_2 entre les équations

$$(15)\quad \begin{cases} t_1 = \dfrac{e^{i(\psi_1+\psi_2)}}{i\sin u}\, t_2 + i \operatorname{cotg} u\, e^{i(\psi_1+\psi_2)}, \\ r_1 = -\, i \operatorname{cotg} u\, e^{i(\psi_2-\psi_1)}\, t_2 - \dfrac{e^{-i(\psi_1+\psi_2)}}{i\sin u}\, r_2, \end{cases}$$

$$(16)\quad \frac{r_1}{t_1} = e^{-2i\alpha_1} \quad \text{et} \quad \frac{r_2}{t_2} = e^{-2i\alpha_2}.$$

Les équations (15) sont les équations (1) de notre Note du 15 avril 1946 [2] adaptées au cas où le quadripôle est dissymétrique. Nous nous reportons à cette Note pour les équations de (1) à (12) et les notations qui ne sont pas reprises; Ψ_1 et Ψ_2 sont des angles de phases dont l'inégalité traduit la dissymétrie du quadripôle, et les parties imaginaires chiffrent les pertes.

Les équations (16) sont posées *a priori* et définissent les variables α_1 et α_2. Nous poserons $\Psi_1 + \alpha_1 = a_1 + b_1 i$; $\Psi_2 + \alpha_2 = a_2 + b_2 i$. L'expression $-i\,\mathrm{tg}(a+bi)$ peut entre autres choses représenter l'impédance ramenée en tête d'une ligne électrique sans perte, d'impédance caractéristique unité, dont la longueur correspond à l'angle électrique $(-a)$ et fermée sur une résistance égale à $\mathrm{th}\, b$. Pour résoudre l'équation $\mathrm{tg}(a+bi) = x + iy$, nous pouvons donc employer les diagrammes utilisés couramment pour l'étude des lignes.

Dans le plan de x, y les courbes $b = \text{const.}$ constituent un faisceau de cercles coupant l'axe des y en $y = \mathrm{th}\, b$ si $a = k\pi$ et en $y = \coth b$ si $a = [k + (1/2)]\pi$. Les cercles de rayon nul ou points de Poncelet QQ′ ont pour coordonnées $x = 0$, $y = \pm 1$; ils correspondent à $\mathrm{th}\, b = 1$, donc $b = \infty$, c'est-à-dire $r/t = 0$ et a indéterminé.

Supposons b_2 et u donnés et voyons comment varient a_1 et b_1 en fonction de a_2. L'image N de $\mathrm{tg}(a_1 + b_1 i)$ décrit le cercle Γ déduit par l'inversion de module $\mathrm{tg}^2(u/2)$ du cercle $b_2 = \text{const.}$, a_1 sera fonction oscillante ou monotone de a_2 selon que les points de Poncelet appartiennent à la même région ou à deux régions différentes séparées par le cercle Γ. (Si u est réel, ces deux cas correspondent à $[\,|\mathrm{tg}^2(u/2) + \mathrm{cotg}^2(u/2)| - |\mathrm{th}\, b + \coth b|\,]$ positif ou négatif.)

En effet a, qui se trouve déterminé à $K\pi$ près par la position du point N, ne pourra varier de plus de π que si N tournant autour de Q ou Q′ revient à sa position initiale après avoir changé de détermination. La valeur absolue du rapport $|r_1/t_1|$ est d'autant plus faible que N passe plus près de Q. A la limite, lorsque Γ passe par Q, il y a indétermination de a_1, et nullité de rapport $|r_1/t_1|$, lorsque N est en Q. A cause de cette indétermination, a_1 cesse d'être fonction uniforme de a_r, et l'on ne peut plus dire si elle est monotone ou oscillante. La condition de réflexion nulle en M_1 va donc s'écrire

$$(17)\quad i = \frac{\mathrm{tg}^2 \dfrac{u}{2}}{\mathrm{tg}(a_2 + b_2 i)}.$$

(2) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 1039-1042.

Plaçons en M_2 un semi-réflecteur P_2 ayant pour coefficient de réflexion $\cos u_2$, nous aurons $(r_2/t_2) = \cos u_2$, c'est-à-dire $\alpha_2 = (i/2) \log \cos u_2$ et de même en M_1, en remplaçant les indices 2 par des indices 1. Si u, u_1, u_2 sont réels, leurs sinus très petits et si l'on tient compte des équations (9) et (10), on peut mettre l'équation (14) sous la forme

$$S_1 d_1 = S_2 d_2 = \pm\sqrt{k^2 S_1 S_2 - 1} \tag{18}$$

qui exprime la condition de transmission intégrale.

Si les termes d'indice 1 et 2 sont égaux, on peut poser $u' = u_1 = u_2$ et résoudre la formule (18) en $\cos u'$. On retrouve ainsi la condition de réflexion itérative (6).

Il est facile de réaliser la condition $\alpha_2 = \pi/2$, c'est-à-dire $t_2 + r_2 = 0$ en remplaçant un réflecteur P_2 en M_2 et de repérer si $t_1 + r_1 = 0$, en disposant un détecteur en M_1. La condition pour que le détecteur indique un zéro s'écrit, si nous avons affaire à un système tel que celui décrit par l'équation (1),

$$\operatorname{tg}\left(\theta + \frac{v}{2}\right) = \operatorname{tg}\frac{u}{2},$$

et il est aisé de voir que si M_1 et M_2 se déplacent symétriquement ou si θ varie avec la fréquence, deux zéros successifs observés au détecteur seront séparés par une variation d'angle électrique $\Delta\theta \doteq u$ ou $\pi - u$. J'ai conçu cette méthode et réalisé un appareil permettant de l'appliquer en 1945 dans les laboratoires de la C^ie C. S. F. M. Ortusi a pu vérifier avec un appareil de ce type les formules relatives au coefficient de réflexion de certains diaphragmes; il conclut à une discordance entre les formules calculées et les mesures expérimentales pour les petits angles ([3]); cette conclusion nous semble devoir être révisée; en effet, dans le cas où u et $\theta_1 - \theta_2$ sont petits, si b représente la somme de l'atténuation résultant de la propagation dans les guides, de la réflexion sur P_2 exprimée en népers et de la partie imaginaire de u, la distance en deux minima correspond en première approximation à l'angle électrique

$$\Delta\theta = \sqrt{\sin^2 u_0 + \sin^2(\theta_1 - \theta_2) + \operatorname{sh}^2 2b} \qquad \text{si } \operatorname{sh} 2b \ll \sin u_0,$$

et si l'on pose $\operatorname{tg} u_0/2 = |\operatorname{tg} u/2|$.

L'erreur relative commise en assimilant $\Delta\theta$ à u ou $\pi - u$ croît comme l'inverse de $\sin u$.

Pour les minima de détection, on a, en première approximation,

$$|\psi_2 - \psi_1 + \alpha_2 - \alpha_1| = 2b\left|\frac{\sin u}{\sin u_0}\right|.$$

([3]) J. Ortusi, *Annales des Télécommunications*, **1**, n^os 5-6, 1946, p. 7.

OPTIQUE. — *Variation de la dépolarisation produite par les suspensions et les solutions colloïdales en fonction de leur densité optique.* Note [1] de M. **Augustin Boutaric** et M^lle **Paulette Berthier**, présentée par M. Jean Becquerel.

Dans une Note antérieure [2] nous avons étudié l'influence de la concentration sur la dépolarisation produite par les solutions colloïdales et les suspensions sur un faisceau de lumière polarisée. La loi de variation paraît plus simple lorsqu'on prend comme variable la densité optique de la suspension. Pour des particules et des liquides très variés, les courbes ont même allure et sont assez voisines; la dépolarisation croît d'abord très lentement en fonction de la densité optique, puis de plus en plus rapidement; la courbe présente un point d'inflexion pour une certaine valeur de la densité optique, croît ensuite de moins en moins vite, la dépolarisation tendant vers une valeur limite égale à l'unité.

La fonction

$$(1) \qquad y = 1 - e^{-\frac{kx^p}{a-x}}$$

représente bien la variation de la dépolarisation y en fonction de la densité optique x. Le paramètre a correspond à la valeur de la densité optique pour laquelle y devient égal à l'unité; l'expérience en fournit directement une valeur approchée.

La relation (1) peut être mise sous la forme

$$(2) \qquad \log_e(1-y) = \frac{-kx^p}{a-x}$$

qui, pour de faibles valeurs de x et par suite de y, devient :

$$(3) \qquad y = \frac{kx^p}{a-x},$$

soit

$$(4) \qquad \log y(a-x) = \log k + p \log x.$$

Pour de faibles valeurs de x, les points représentant $\log y(a-x)$ en fonction de $\log x$ se placent sur une droite dont le coefficient angulaire fournit la valeur de p.

Lorsque les particules sont constituées par des cristaux biréfringents, le paramètre p prend des valeurs voisines de 2; il est beaucoup plus grand pour des suspensions de colloïdes vrais et pour des émulsions. La valeur de p une fois fixée, on peut préciser celle du paramètre a à partir de la relation (2) mise sous la forme

$$x - a = \frac{kx^p}{\log_e(1-y)};$$

(1) Séance du 3 février 1947.

(2) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 615.

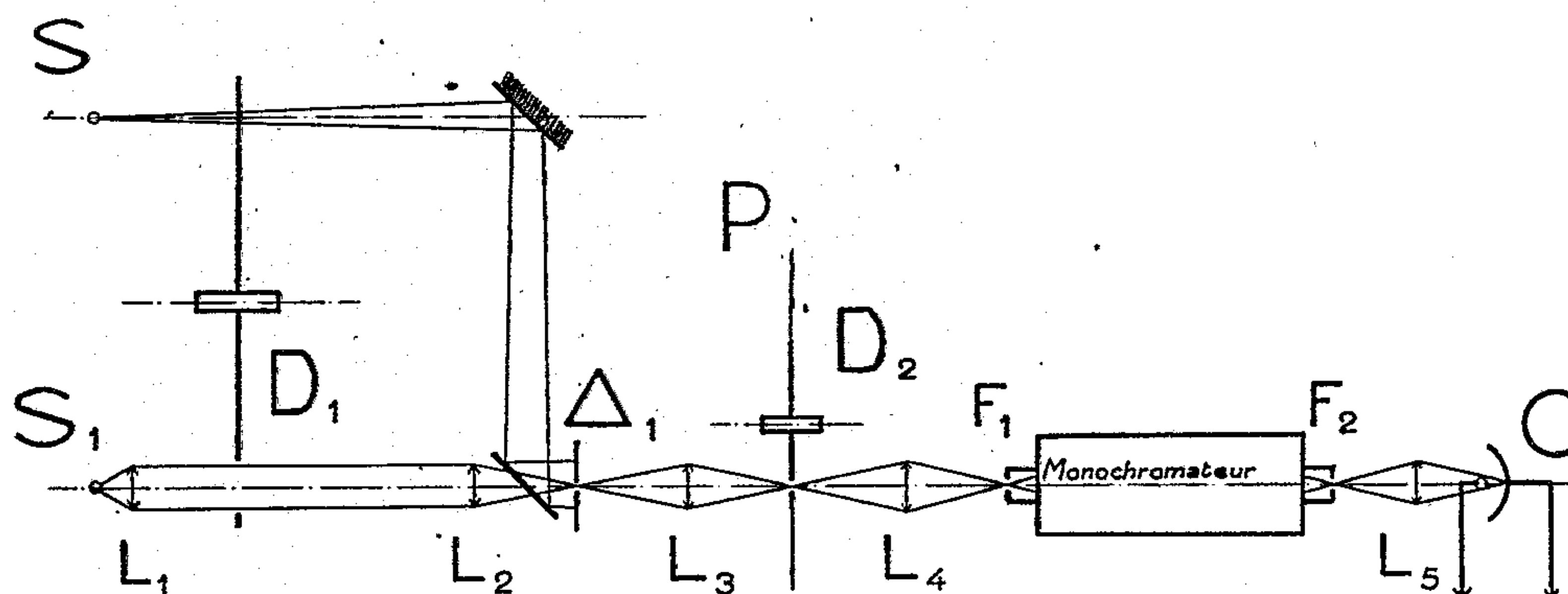
on vérifie que les points représentant x en fonction de $[x^p/\log_e(1-y)]$ se disposent suivant une droite dont l'ordonnée à l'origine et le coefficient angulaire fournissent les valeurs des paramètres a et k. Avec la nouvelle valeur de a ainsi obtenue, on améliore la détermination de p, et ainsi de suite.

Le tableau suivant donne les valeurs de a, de p et de k pour un certain nombre de suspensions et de solutions colloïdales ou d'émulsions étudiées toutes dans des cuves de 3^cm d'épaisseur. Les particules de quartz, calcite, barytine, bentonite avaient des dimensions comprises entre 110 et 190$^{\mu}$, celles de lycopode 25 à 40$^{\mu}$.

Particules.	Liquides.	a.	p.	k.
Ambre	huile de paraffine..........	6,0	1,2	0,02
Lycopode	huile de paraffine..........	6,0	2,2	0,008
Résine mastic	eau......................	6,0	5,8	0,03
Quartz	sol. de silicate de sodium...	4,3	2,6	0,13
Amidon de blé	huile de paraffine..........	4	1,8	0,16
Bentonite	eau......................	3,5	2,35	0,05
Calcite	eau......................	3,2	2,4	0,25
Barytine	eau......................	3,1	2,3	0,23
Huile de ricin	eau......................	2,8	5,0	0,03

OPTIQUE. — *Sur un nouveau type de photomètre*. Note (¹) de M. **Louis Le Blan**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'appareil est destiné à la comparaison de deux sources S_1 et S_2 en lumière monochromatique par l'intermédiaire d'une source tare S. Le montage optique est représenté sur la figure. L'image de l'une des sources à étudier, S_1 par



exemple, est projetée, grâce au système optique schématisé par L_1 et L_2, sur le diaphragme Δ_1 et le couvre entièrement. La source tare éclaire en totalité Δ_1, et sa distance d à ce dernier peut être mesurée avec précision. Une image de Δ_1

(¹) Séance du 3 février 1947.

est donnée dans le plan P par L_3, et cette image est reprise à son tour par L_4 qui la projette sur la fente d'entrée F_1 d'un monochromateur. Une image de la fente de sortie F_2 est donnée par L_5 sur la cathode d'une cellule photoélectrique.

Le montage doit être réalisé de telle sorte que pour la lumière qui a franchi Δ_1 aucun nouveau diaphragme ne vienne limiter le flux, s'il n'est dans le plan de l'une des images successives de Δ_1. Les montures de lentilles et les prismes ne doivent donc pas limiter les faisceaux après Δ_1. Considérons donc l'aire Σ commune à Δ_1 et aux conjugués dans le plan de Δ_1 des diaphragmes postérieurs à Δ_1, c'est-à-dire essentiellement les fentes du monochromateur. L'appareil fonctionnera par comparaison des flux envoyés à travers Σ par S_1 et S, et il est important de noter que tout rayon lumineux ayant franchi Σ atteint la cathode photoélectrique C.

Un disque D_1 tournant à la vitesse N et muni d'une encoche permet de démasquer alternativement S_1 et S. Un disque D_2, tournant à la fréquence 2N et muni d'une encoche, est situé dans le plan P, de façon à couper périodiquement le faisceau. Le mouvement des disques et la forme des encoches sont tels que lorsque D_2 laisse passer la lumière, D_1 ne limite pas le flux émis par la source en service.

Soient Σ' l'aire conjuguée dans le plan de Δ_1 de l'encoche de D_2, et σ l'aire commune à Σ et Σ'. Le flux qui tombe sur la cathode photoélectrique est à tout instant proportionnel à σ, le coefficient de proportionnalité K dépendant de la source en service. Soient K et K_1 les valeurs de K. En prenant une source S suffisamment intense, et en donnant à d une valeur convenable d_1, on peut obtenir $K = K_1$.

Dans ces conditions, deux valeurs du flux lumineux tombant sur la cellule correspondant aux temps t et $t + 1/2N$ sont égales. La loi de variation du flux lumineux au cours du temps, pendant un tour de D_2, est en effet la même, que ce flux vienne de S ou S_1, à un coefficient de proportionnalité près. Or, nous nous plaçons précisément dans le cas où les coefficients sont égaux. Il s'ensuit que la fréquence fondamentale du courant photoélectrique sera celle de D_2, soit 2N.

Si au contraire $K \neq K_1$, deux valeurs du flux distantes dans le temps de $1/2N$ ne sont plus égales, la fréquence fondamentale est N. Ceci donne un moyen très sensible pour apprécier l'égalité de K et K_1. On fait suivre la cellule photoélectrique d'un amplificateur accordé sur la fréquence N et suffisamment sélectif pour éliminer les harmoniques, et l'on règle d de manière à annuler la tension de fréquence N à la sortie de cet amplificateur.

On fait de même avec la source S_2 que l'on substitue exactement à S_1. On obtient ainsi à l'équilibre une valeur d_2 de d. Des valeurs d_1 et d_2 on déduit le rapport des brillances monochromatiques des deux sources. L'avantage de ce

nouveau dispositif photométrique réside en ce que la comparaison est à la fois simultanée et permanente.

La simultanéité permet l'élimination des dérives des appareils de mesure, sans toutefois exclure pour ceux-ci une grande constante de temps, donc une bande passante étroite et un faible bruit de fond, grâce précisément à la permanence.

Sans avoir réalisé l'ensemble de l'appareil nous nous sommes attaché à en prédéterminer les possibilités pour certaines conditions d'utilisation. La cause essentielle pouvant limiter la précision de l'appareil est le bruit de fond du système de mesure. Soient Φ le flux lumineux mesuré, et $\Delta\Phi$ l'erreur maximum admise; il faut que la tension de bruit de fond à la sortie de l'appareil soit assez faible pour permettre l'appréciation de la tension de signal due à la différence $\Delta\Phi$.

Nous avons fait tomber sur une cellule photoélectrique à multiplicateur d'électrons (maximum de sensibilité à 5000 Å) un flux Φ de 10^{-4} lumen (lampe à filament de carbone) non modulé, auquel s'ajoutait un flux $\Delta\Phi$ de 2.10^{-8} lumen, modulé à la fréquence $N = 62,5$ p/s. L'amplificateur avait une bande passante de 0,3 p/s. Par suite d'une amplification insuffisante, nous n'avons pu déceler de tension de bruit de fond à la sortie, alors que la tension due au signal $\Delta\Phi$ était telle que l'on puisse affirmer que le rapport signal-bruit de fond était supérieur à 10.

Il semble donc que l'appareil permette la comparaison de deux flux dont le plus petit est $\geqq 10^{-4}$ lumen, avec une erreur relative qui n'excède pas $4.10^{-5}+\varepsilon$, ε représentant les erreurs relatives résultant des erreurs sur la mesure de d_1 et d_2.

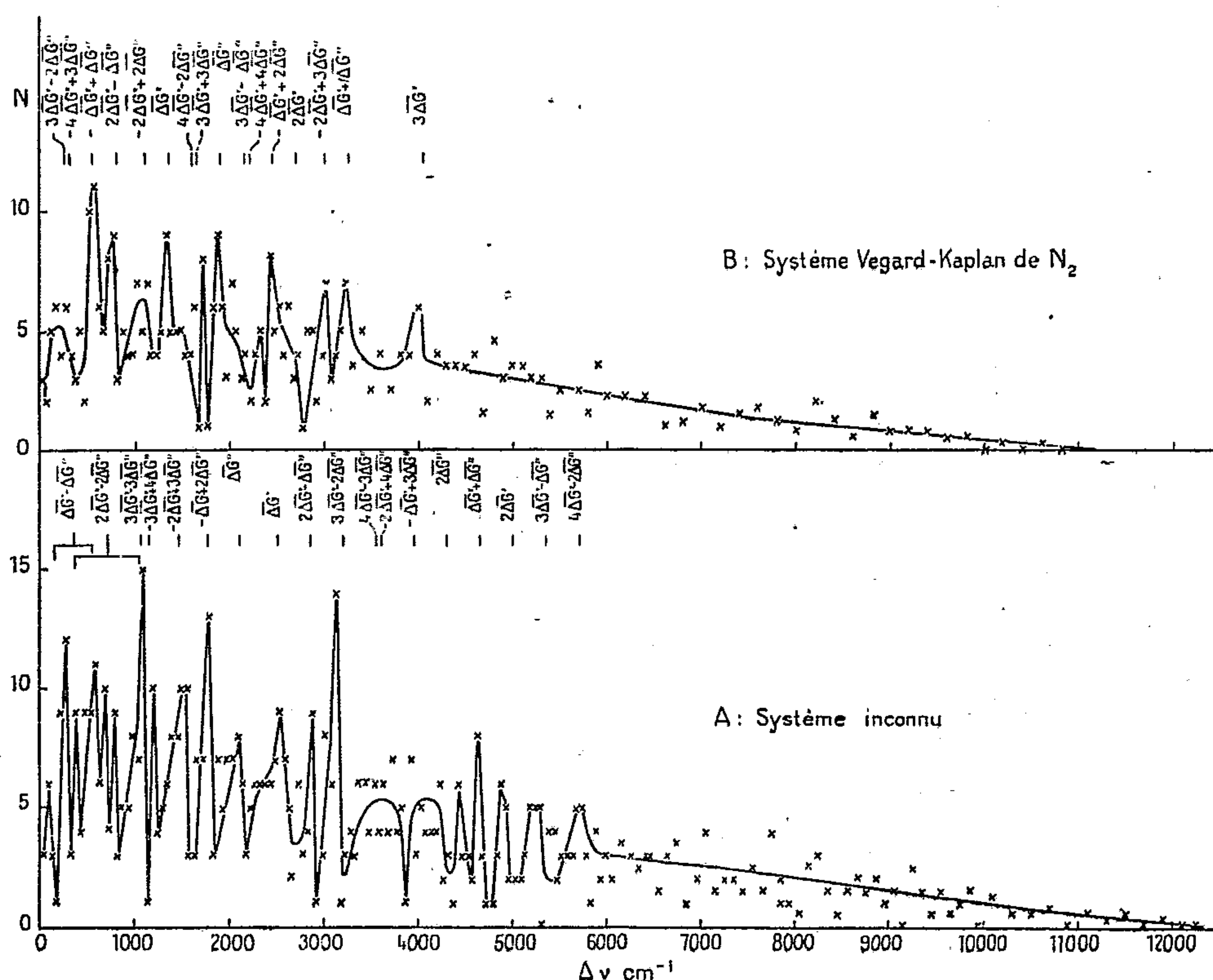
PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Une méthode nouvelle d'analyse des spectres moléculaires avec application au spectre du ciel nocturne*. Note [1] de M. **Daniel Barbier**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Il est certain qu'un grand nombre de bandes du spectre du ciel nocturne dans le domaine 3000-5000 Å appartiennent au système de Vegard-Kaplan de l'azote (Cabannes et Dufay) et de Herzberg de l'oxygène (Dufay). Près de quarante bandes, dont beaucoup sont assez intenses, restent sans identifications sûres. Les bandes de Vegard-Kaplan et de Herzberg étant des bandes interdites, il convient de rechercher si la plus grande partie des bandes non identifiées ne constituent pas un système encore inconnu parce que difficile à produire au laboratoire.

2. Par suite de la faible dispersion des spectres et du trouble apporté par la

(1) Séance du 27 janvier 1947.

présence des bandes de Vegard-Kaplan et de Herzberg, il est impossible de débrouiller directement ce spectre inconnu. On a utilisé la nouvelle méthode suivante. On forme les différences de fréquences (nombres d'ondes) de toutes les bandes prises deux à deux et l'on construit le graphique représentant le nombre de couples N dont l'intervalle de fréquence est compris entre $\Delta\nu - 25^{\text{cm}^{-1}}$ et $\Delta\nu + 25^{\text{cm}^{-1}}$. Ce graphique présente des maxima accentués (*fig.* 1 A).



3. La même opération a été effectuée pour les bandes de Vegard-Kaplan qui apparaissent dans le ciel nocturne (*fig.* 1 B). Les valeurs moyennes $\overline{\Delta G'}$ et $\overline{\Delta G''}$ sont respectivement 1350 et 1900. On voit que les principaux maxima du graphique sont représentés par des termes de la forme $p\overline{\Delta G'} + \overline{\Delta G''}$, où p et q sont des entiers petits positifs et négatifs. Le problème consiste donc en premier lieu à rendre compte des principaux maxima de la figure 1 A par des expressions de ce type, $\overline{\Delta G'}$ et $\overline{\Delta G''}$ étant à priori inconnus.

4. La structure compliquée de la région 0-800 cm⁻¹ montre que les bandes se groupent en séquences telles que $\overline{\Delta G'} - \overline{\Delta G''}$ soit en moyenne de 350 cm⁻¹, les maxima situés entre 400 et 1000 cm⁻¹ correspondant en grande partie à des couples dont les fréquences diffèrent de $2(\overline{\Delta G'} - \overline{\Delta G''})$. Ceci est

d'ailleurs confirmé par le fait que deux des plus fortes bandes sont nettement dégradées vers l'UV.

Une autre notion importante est celle de la *cohérence* des maxima, c'est-à-dire de la tendance, lorsqu'une des bandes du couple est intense, à ce que l'autre bande soit également intense. La cohérence doit être plus grande pour les couples relatifs à $p=1$, $q=0$; $p=0$, $q=1$; $p=q=1$; $p=1$, $q=-1$, ou encore à des valeurs p, q qui correspondent au sens général d'allongement du tableau $(v'v'')$.

Il est impossible d'entrer dans des détails ici ([2]), nous nous contenterons d'indiquer qu'on obtient $\overline{\Delta G'}=2500$, $\overline{\Delta G''}=2150$. Les identifications des maxima sont alors reportées sur la figure 1 A.

5. Avec ces valeurs on arrive facilement à faire entrer une assez grande proportion de bandes fortes dans un tableau $(v'v'')$ qui donne les valeurs provisoires $\omega'_e=2560$, $\omega''_e=2130$. Dans l'hypothèse vraisemblable où l'un des deux niveaux serait déjà connu dans une molécule diatomique, on obtient l'identification de ω''_e avec le niveau fondamental de CO, $\omega_e=2169$. Adoptant ce résultat, on prolonge sans difficultés le tableau et l'on arrive à la représentation suivante du nouveau système.

$$G=21962+2576\,v'-23{,}8\,v'^2-(2152\,v''-12{,}7\,v''^2).$$

6. Les identifications sont alors les suivantes :

λ obs.	λ calc.	v'.	v''.	λ obs.	λ calc.	v'.	v''.	λ obs.	λ calc.	v'.	v''.
5160	5145	4	6	4396	4391	2	2	3658	3657	3	1
5040	5043	0	1	4327	4321	3	3	3622	3618	4	2
4931	4934	1	2	4239	4232	12	13	3571	3582	5	3
4810	4806	8	10	4203	4199	5	5	3434	3438	11	9
4632	4630	11	13	4088,5	4078	1	0	3391	3392	3	0
4581	4587	5	6	4018	4018	2	1	3263	3266	8	5
4520,5	4519	6	7	3960	3963	3	2	3236	3235	10	7
4469	4468	1	1	3916	3914	4	3				
4461	4458	7	8	3700	3700	2	0				

Quelques écarts O—C s'expliquent par des circonstances particulières augmentant l'incertitude des mesures. L'accord entre l'observation et le calcul est aussi bon que pour le système de Vegard-Kaplan. Les bandes se groupent sur une parabole de Condon peu ouverte. On ne rend pas compte des deux bandes assez importantes 3900, 3811, ni de dix bandes très faibles ou douteuses. Par contre, on identifie au moins quatre bandes de la région $\lambda > 5160$ Å.

([2]) Un mémoire est en préparation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Rigidité des milieux thixotropiques.* Note [1] de M. **Raymond Amiot**, présentée par M. Jean Becquerel.

1. Nous nous sommes proposé de mesurer la rigidité d'un milieu thixotropique en cours d'évolution à l'aide de la méthode préconisée par Schwedhof [2] pour l'examen des gelées et qui a été reprise par Bourcart, Florentin et Romanovsky [3]. Cette méthode consiste à observer la rotation qu'éprouve un plongeur immergé dans le liquide et fixé à l'extrémité inférieure d'un fil auquel on imprime une certaine torsion. Pour une valeur α de l'angle de torsion, le plongeur tourne d'un angle β qui est égal à α si le milieu est simplement visqueux et lui est inférieur si le milieu possède une certaine rigidité.

Pour de faibles valeurs de β, condition toujours réalisée dans nos expériences, le module de rigidité μ du milieu peut être obtenu par la relation simple :

$$\mu = K\frac{\alpha - \beta}{\beta}, \qquad (1)$$

K désignant un coefficient qui dépend du plongeur, du fil de torsion et des dimensions de la cuve.

L'étalonnage de l'appareil a été effectué à la température de 15° avec des gelées d'agar-agar de concentration variable dont les rigidités ont été déterminées par Michaud [4]. Chaque solution versée à chaud dans la cuve était au préalable recouverte d'une très mince couche d'huile de vaseline pour éviter toute évaporation et abandonnée au repos pendant 6 heures. Le rapport $y = (\alpha - \beta)/\beta$ ne restant pas rigoureusement invariable quand α croît, nous avons calculé par extrapolation, pour chacune des gelées étudiées, la valeur limite y_0 que prendrait ce rapport pour une valeur nulle de α. C'est à partir de cette valeur limite qu'ont été obtenues les rigidités fournies par la formule (1).

2. Nous avons utilisé l'appareil ainsi étalonné pour étudier la rigidité d'un sol d'hydrate ferrique à 46^g par litre (préparé par la méthode de Graham), longuement dialysé, auquel on ajoutait une solution de soude de manière à réaliser un mélange thixotropique. Le plongeur ayant été immergé dans le mélange et l'ensemble abandonné au repos pendant un certain temps θ variable d'une expérience à l'autre, on procédait à la détermination de la rigidité μ par la méthode ci-dessus exposée. Voici quelques-uns des résultats obtenus relatifs

---

[1] Séance du 7 février 1947.

[2] *J. de Phys.*, 2e série, 8, 1889, p. 341.

[3] *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 682.

[4] *Annales de Physique*, 9e série, 19, 1923, p. 63.

à des mélanges dans lesquels la soude introduite avait une concentration c (en millimol/g par litre).

$c = 29,6$.		$c = 30,5$.		$c = 31,5$.		$c = 33,3$.	
θ. (min.).	μ. (C.G.S.).	θ. (min.).	μ. (C.G.S.).	θ. (min.).	μ. (C.G.S.).	θ. (min.).	μ. (C.G.S.).
100	1,2	30	0,5	15	1,5	6	1,6
140	5,6	40	1,4	20	6,9	7	2,7
180	15,0	60	7,9	25	19,2	10	22,3
220	45,7	80	31,7	30	62,1	12	160,0
260	100,1	100	142,5	40	173,1	14	451,3
300	261,2	120	332,4	–	–	–	–

Pour des mélanges de même concentration c en soude, la rigidité augmente avec θ d'abord lentement, puis de plus en plus vite. Pour une même durée de repos θ des mélanges avant la mesure, la rigidité est une fonction très rapidement croissante de la concentration c en soude. Dans les limites des concentrations en soude utilisées, les résultats obtenus peuvent être représentés par une relation de la forme

$$\mu = kc^m\theta^n.$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude au moyen de l'effet Raman des mélanges de* PCl_3 *et de* PBr_3. *Mise en évidence des deux chlorobromures* PCl_2Br *et* $PClBr_2$. Note [1] de M^lle **Marie-Louise Delwaulle**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude des mélanges de PCl_3 et de PBr_3 a déjà été faite par Trumpy [2], [3] et par Burkard [4]. Trumpy conclut à l'existence de réactions équilibrées entre PCl_3 et PBr_3 donnant naissance aux chlorobromures PCl_2Br et $PClBr_2$. Burkard pense, au contraire, qu'il y a seulement de légères déformations des molécules de PCl_3 et PBr_3 par effet de solvant.

Les conclusions de Trumpy et de Burkard sont donc contradictoires. Le problème est difficile à résoudre par suite de l'impossibilité d'isoler les chlorobromures éventuels à l'état de pureté. J'ai, avant de chercher à le résoudre, étudié les spectres de molécules de même type $PFBr_2$ [5] et $PFCl_2$ [6].

---

(1) Séance du 3 février 1947.

(2) *Z. Physik*, 66, 1930, p. 790; 68, 1931, p. 675.

(3) *Kong. Norske Vidensk. Selsk.*, 4, 1931, p. 102.

(4) *Z. Phys. Chem.*, B, 30, 1935, p. 298.

(5) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1391.

(6) M. L. Delwaulle et F. François, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 796; 220, 1945, p. 817.

Comme il fallait s'y attendre pour des molécules de type C_{2v}, on observe six fréquences dont quatre sont polarisées. Les raies de déformation (δ) de PX_2Y sont voisines des raies correspondantes de POX_2Y. Les raies de valence se répartissent comme suit : deux sont peu différentes de celles de PX_3 et la troisième peu différente de l'une de celles de PY_3. Ayant étudié les spectres de $POCl_2Br$ et de $POClBr_2$, j'avais tous les éléments permettant de vérifier l'existence des chlorobromures. J'ai, à l'aide d'un spectrographe très dispersif, obtenu les spectres Raman d'un grand nombre de mélanges pour étudier au mieux toute l'étendue du spectre. Les résultats obtenus sont les suivants : il est possible, en multipliant les mesures, de pointer six raies nouvelles parmi lesquelles trois sont voisines des fréquences δ_1, δ_2, δ_3 de $POCl_2Br$ et doivent correspondre aux trois raies de déformation de PCl_2Br. Les trois autres, voisines des fréquences δ_1, δ_2, δ_3 de $POClBr_2$, correspondent à celles de $PClBr_2$. Le spectre de PCl_2Br doit, en outre, comporter trois fréquences de valence : deux peu différentes des fréquences de valence de PCl_3 et la troisième peu différente d'une de celles de PBr_3. Celui de $PClBr_2$ doit, lui aussi, comporter trois fréquences de valence : deux dans la région des fréquences de valence de PBr_3 et la troisième dans celle des fréquences de PCl_3. Donc, dans la région du spectre où se trouvent normalement les fréquences de valence de PCl_3 on doit avoir, dans le cas des spectres des mélanges, si les chlorobromures existent, la superposition de cinq fréquences. Il doit en être de même dans la région des deux fréquences de valence de PBr_3. Toutes ces raies étant larges, elles seront impossibles à séparer. Or, dans les spectres des mélanges, l'intensité des raies de valence est bien trop considérable pour ne correspondre qu'aux fréquences des corps primitifs PCl_3 et PBr_3. L'hypothèse de l'existence dans la même région de cinq fréquences au lieu de deux explique à la fois le renforcement et la perturbation de forme par rapport aux spectres des halogénures purs.

Fréquences en cm^{-1} (modes de vibration).

	δ_{12}.		δ_3.			ν_{23}.	ν_1.
PCl_3......	190(D)		258(P)			484(D)	511(P)
	δ_2.	δ_1.	δ_3.				
$POCl_2Br$..	161(D)	172(P)	242(P)				
PCl_2Br...	149(D)	166,5(P)	230(P)		vers 400	vers 480	vers 510
$PClBr_2$...	123(P)	153(D)	197(P)	vers 380	vers 400	vers 480	
$POClBr_2$.	130(P)	157(D)	209,5(P)				
PBr_3.....	116(D)		162(P)	380(P)	400(D)		
	δ_{12}.		δ_3.	ν_1.	ν_{23}.		

Abréviations : D, dépolarisée; P, polarisée.

Spectres de Trumpy	PCl_2Br...............	152	238	291	344	455
	$PClBr_2$...............	121⁻	212	290	331	426

Le tableau donne les spectres de PCl_2Br et de $PClBr_2$ ainsi que ceux de PCl_3 et PBr_3 et les raies δ_1, δ_2, δ_3 de $POCl_2Br$ et $POClBr_2$. Les résultats de Trumpy y sont aussi indiqués. Ils sont à rectifier : la raie 152 correspond aux raies 149 de PCl_2Br et 153 de $PClBr_2$; les raies 121, 212, 238 correspondent à celles que je pointe : 123, 197, 230; je n'ai pas observé la raie 290; les raies 331, 344, 426 et 455 (larges) ne sont autres que les raies 380, 400, 484, 511 (larges) excitées par la deuxième raie du triplet indigo.

On peut donc caractériser les molécules PCl_2Br et $PClBr_2$ par un spectre Raman tout à fait conforme à ce que pouvaient faire prévoir des études analogues sur des corps de même type, mais isolables à l'état de pureté. L'existence de ces chlorobromures est donc mise en évidence d'une façon irréfutable. Ils prennent bien naissance par une réaction équilibrée entre PCl_3 et PBr_3. Il est impossible de les isoler à l'état de pureté.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Méthode permettant d'obtenir par un procédé électrolytique une représentation de la densité électronique à l'intérieur d'une molécule.* Note [1] de M. **Georges Rodier**, présentée par M. Paul Pascal.

Une très ancienne méthode, due à Nobili (1827), étudiée plus tard par Guébhardt [2], permet d'étudier les champs à deux dimensions. Dans une cuve à fond plat et horizontal, remplie d'un mélange d'acétates de cuivre et de plomb, en solution décinormale environ, plongent de longues aiguilles d'acier dont les extrémités viennent presque au contact d'une plaque de cuivre. Dans ces conditions, les aiguilles étant portées à des potentiels V_1, V_2, ... par rapport à la plaque, des dépôts de PbO_2 apparaissent au voisinage des aiguilles et forment le système théorique des lignes équipotentielles que donnerait l'application directe des électrodes sur un plan conducteur. La précision du procédé peut, dans de bonnes conditions (plaque rigoureusement plane et horizontale, absence de vibrations et de trépidations, aiguilles bien verticales, etc.) atteindre 1 à 2 %.

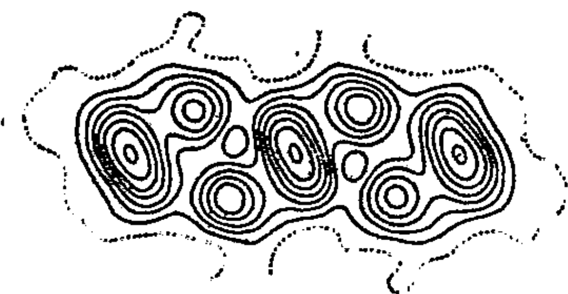
Si l'on prolonge l'expérience, l'épaisseur des dépôts croît et bientôt apparaît un réseau de lignes orthogonales aux premières, mais d'aspect totalement différent; au lieu d'être fines, ces lignes sont formées de bourrelets qui, une fois la plaque sortie du bain, cristallisent rapidement. Ces dépôts font l'objet d'une étude détaillée qui sera publiée ultérieurement.

Il nous a paru intéressant d'appliquer ce procédé à l'étude de la répartition des densités électroniques dans une molécule. Il suffit de convenir que chaque aiguille représente un atome ou un groupement constituant la molécule, et de

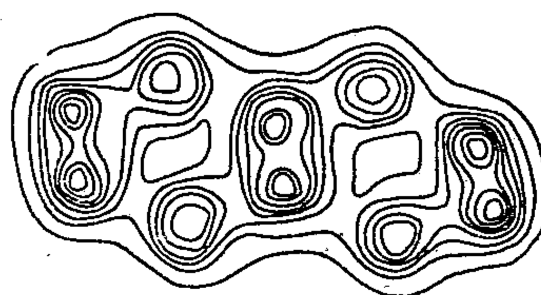
---

(1) Séance du 27 janvier 1947.
(2) J. Granier, *Introduction à l'étude des champs physiques*, Paris, 1941.

la porter à un potentiel égal au nombre total d'électrons de l'atome ou du groupement. Nous avons ainsi mis en évidence les différences entre les formes α et β des acides gras, dont l'étude cristallographique a été faite par P. Dupré La Tour ([3]), entre les formes cétonique et énolique des cétones etc. Nous avons retrouvé également la carte électronique du naphtalène; la comparaison entre les deux tracés, obtenus, le premier au moyen de l'analyse par rayons X ([4]), le second par notre méthode, montre que la coïncidence est bonne.



J. M. Robertson.



Méthode électrolytique.

Diagramme du naphtalène.

Nous indiquerons prochainement le parti que l'on peut tirer de ces diagrammes, ainsi que leur utilisation dans l'étude aux rayons X de la structure de composés organiques, auxquels il est en général plus difficile d'appliquer la méthode de Patterson où Robertson qu'aux composés minéraux ([4]) ([5]), à cause du peu de différence entre les sommes des nombres atomiques des éléments composant la plupart des groupements.

ÉLECTROCHIMIE. — *Mécanisme de formation anodique des percarbonates et des perborates*. Note ([1]) de MM. **Moïse Haïssinsky** et **Maurice Cottin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Glasstone et Hickling ([2]) ont développé une théorie des oxydations électrolytiques, suivant laquelle ces processus se produiraient très souvent par la formation intermédiaire de H_2O_2 à l'anode. Ils l'ont appliquée aux réactions $S_2O_3^{--} \rightarrow S_4O_6^{--}$, $SO_3^{--} \rightarrow S_2O_6^{--}$, $Cr^{+++} \rightarrow CrO_4^{--}$, à la réaction de Kolbe, à la formation des percarbonates et des perborates etc. L'hypothèse paraîtrait particulièrement justifiée dans les deux derniers cas, puisque ces produits peuvent être préparés chimiquement avec H_2O_2.

Certains faits expérimentaux, qui seront exposés ailleurs, nous ont fait penser cependant que la formation de H_2O_2 à l'anode est un processus peu probable

([3]) *Thèse*, Paris, 1926.

([4]) Brasseur, *Structures moléculaires des corps solides*, Paris, 1939.

([5]) Robertson et Ida Woodward, *X Ray Study Phtalocyanines* (*J. Chem. Soc.*, january 1940).

([1]) Séance du 27 janvier 1947.

([2]) *Electrolytic oxidation a reduction*, London, 1935; *Chem. Rev.* 25, 1939, p. 407.

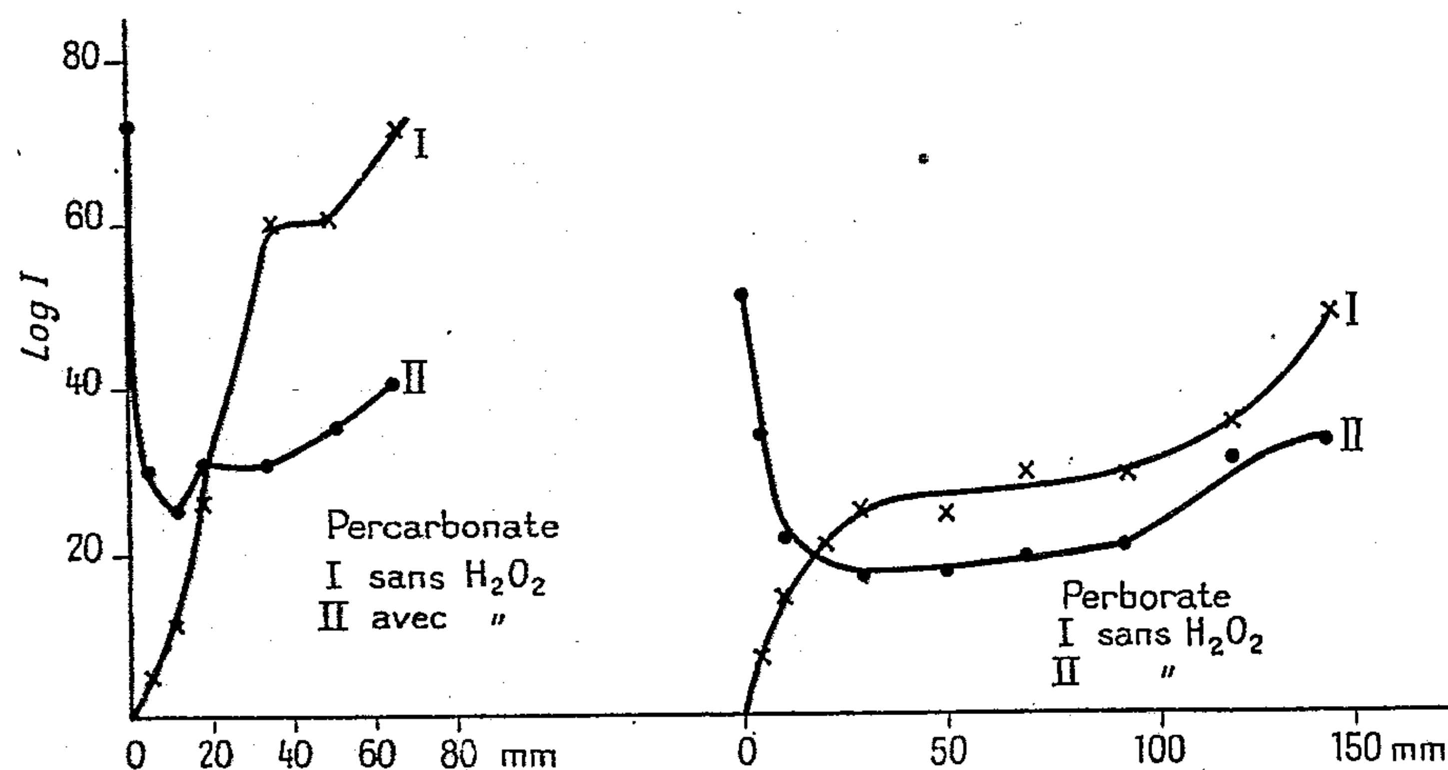
et qui pourrait avoir lieu seulement dans des conditions très particulières. Pour élucider la question dans les deux cas indiqués, nous avons réalisé les expériences suivantes :

a. On a préparé deux solutions identiques saturées de K_2CO_3 et l'on a ajouté à l'une d'elles 3 gouttes d'une solution de H_2O_2 à 40 volumes. Ces deux solutions, maintenues dans le même bain réfrigérant à une température comprise entre — 10° et — 4°, ont été soumises à l'électrolyse avec un courant de 0,18 A/cm². Dans chaque solution le catholyte était séparé de l'anolyte par un vase poreux en porcelaine dégourdie. Les électrodes étaient en platine brillant.

Au cours de l'électrolyse, on prélevait de temps en temps deux gouttes de l'anolyte qu'on ajoutait à des solutions identiques de $Ti(SO_4)_2$ contenant suffisamment de H_2SO_4 pour qu'elles restent acides après cette addition de l'électrolyte alcalin. On sait que les percarbonates se décomposent en solution acide en donnant de l'eau oxygénée. La coloration orangée provoquée par la formation de l'acide pertitanique était donc due à la somme de percabonate $+ H_2O_2$ présent dans chaque solution, au moment du prélèvement. Les densités optiques des solutions pertitániques ont été mesurées ensuite avec un photocolorimètre dont les lectures sont proportionnelles à la concentration (en admettant la validité de la loi de Beer).

b. Deux solutions identiques, contenant chacune 0g,8 de borax et 3g,2 de Na_2CO_3 dans 20cm³, ont été soumises à l'électrolyse dans des conditions analogues à *a*, sauf en ce qui concerne la température qui était maintenue autour de + 3° C. (3).

Les résultats des mesures colorimétriques sont données par les courbes ci-après.



(3) L'addition de Na_2CO_3 est nécessaire pour catalyser la formation anodique du perborate (ENGELHARDT, *Handbuch Tech. Elektrochemie*, 2, II, 1933, p. 158).

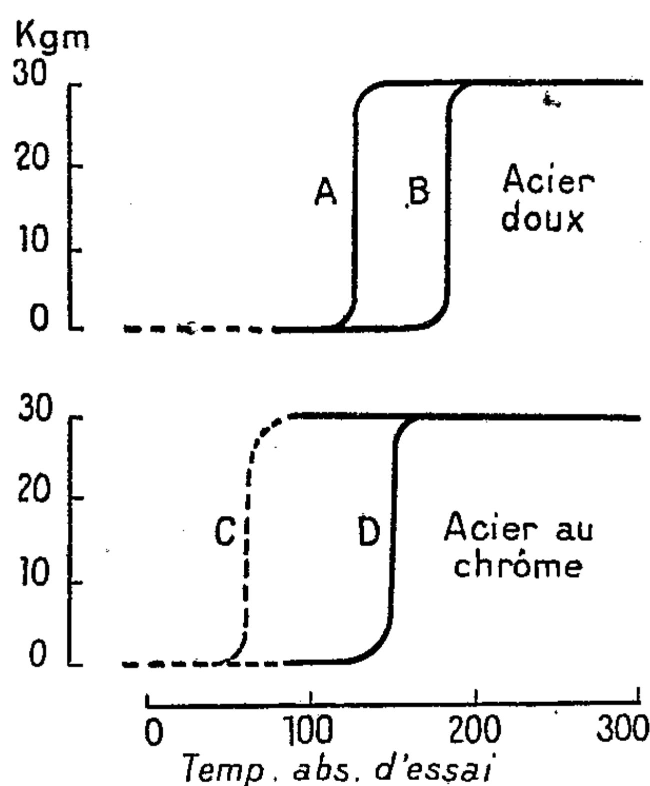
Des courbes analogues ont été obtenues pour la formation du percarbonate sur une anode de plomb.

La chute initiale des courbes correspondant à l'électrolyse avec H_2O_2 n'a rien d'étonnant, étant donné que ce réactif se décompose catalytiquement près de l'anode. Sans entrer dans les détails cinétiques de ces processus, on voit qu'au bout de 20 minutes, les 2 paires de courbes se croisent, ce qui indique qu'en ce moment la quantité totale H_2O_2 + percarbonate ou H_2O_2 + perborate + percarbonate est la même, et cependant la courbe avec eau oxygénée initiale reste ensuite, dans les deux cas, nettement en dessous de l'autre courbe. *L'eau oxygénée, loin de favoriser l'oxydation anodique, agit donc plutôt comme inhibiteur.*

Il semble, par conséquent, très improbable que la formation anodique de H_2O_2 soit un stade intermédiaire dans la préparation électrolytique des percarbonates et des perborates.

MÉTALLURGIE. — *Généralisation de la détection de certaines fragilités des aciers.* Note (1) de M. **Georges Vidal**, présentée par M. Albert Portevin.

On sait que seul l'essai de résilience, c'est-à-dire l'essai de flexion par choc sur barreau entaillé, permet de détecter certaines fragilités des aciers, notamment la fragilité de surchauffe et la fragilité de revenu.



Des travaux antérieurs ont montré que la fragilité de revenu pouvait être détectée, d'une part à l'essai de flexion à faible vitesse sur barreaux entaillés, d'autre part à l'essai de résilience à basse température dans le cas où la détec-

(1) Séance du 27 janvier 1947.

tion de ce phénomène est impossible au simple essai de résilience à la température ambiante (²), (³), (⁴).

De nouveaux essais permettent d'affirmer que la fragilité de surchauffe et la fragilité de revenu peuvent être détectées à l'essai de flexion par choc à basses températures sur des barreaux *non entaillés* et polis de $55 \times 10 \times 10^{mm}$. Ces résultats, obtenus sur un mouton-pendule Charpy de 30 kg/m, sont explicités à la figure ci-contre qui représente la variation du travail de rupture en fonction de la température absolue d'essai, d'une part pour un acier au carbone extra-doux après trempe à l'air à 920° (A) ou à 1250° (B), d'autre part pour un acier au chrome (carbone 0,25 % et chrome 1,5 %), après trempe à l'huile à 875° et revenu d'une durée de 1 heure à 650° suivi d'un refroidissement à l'eau (C) ou d'un refroidissement au four (D).

Ainsi, des trois facteurs intervenant dans la détection de ces types de fragilité, entaille, choc et température d'essai, aucun d'eux pris isolément ne suffit pour assurer cette détection, mais la température d'essai joue un rôle fondamental.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques réactions de l'acide benzoylacrylique.* Note [1] de MM. **J. Bougault** et **P. Chabrier.**

L'un de nous [2] a montré que l'acide benzoylacrylique

$$C_6H_5CO.CH{=}CHCO_2H$$

jouit de remarquables aptitudes réactionnelles; il fixe facilement sur sa double liaison éthylénique un grand nombre de substances diverses (acides halogénés, ammoniaque, amines etc.).

L'objet de cette Note est de signaler quelques nouvelles réactions d'addition s'effectuant facilement en milieu aqueux à la température ordinaire.

En effet l'acide benzoylacrylique fixe avec facilité les composés possédant un groupement sulfhydryl (SH). Cette fixation peut s'accomplir suivant plusieurs schémas, soit qu'il y ait fixation pure et simple sur la double liaison éthylénique, soit qu'il s'effectue postérieurement à la fixation, une réaction secondaire dont l'effet le plus général est d'engager le groupement carboxyle ou le groupement carbonyle de l'acide benzoylacrylique et, de ce fait, de conduire à l'obtention d'un hétérocycle.

Préparation des dérivés d'addition des composés sulfhydrylés à l'acide benzoylacrylique. — L'acide benzoylacrylique, dissous dans un léger excès d'une solu-

---

(²) H. Jolivet et G. Vidal, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 664.

(³) H. Jolivet et G. Vidal, *Rev. Métallurg.*, **41**, 1944, pp. 378-403.

(⁴) G. Vidal, *Rev. Métallurg.*, **42**, 1945, p. 149.

(¹) Séance du 3 février 1947.

(²) *Ann. Chim. et Phys.*, 8ᵉ série, 15, 1908, p. 491.

tion aqueuse de bicarbonate de sodium, est mélangé, en quantités équimoléculaires, avec la substance sulfhydrilée dissoute ou en suspension dans l'eau, suivant sa solubilité.

On passe en milieu faiblement acétique et abandonne 24 heures en restant en milieu suffisamment dilué afin de ne pas précipiter un sel acide de sodium de l'acide benzoylacrylique relativement peu soluble. Dans ces conditions, l'addition s'effectue, le composé formé précipite spontanément en milieu acétique (s'il y a cyclisation), ou doit être précipité par adjonction d'acide chlorhydrique à 10 % (s'il y a simplement addition).

Nous ne décrirons, dans cette Note, que les composés d'addition simple.

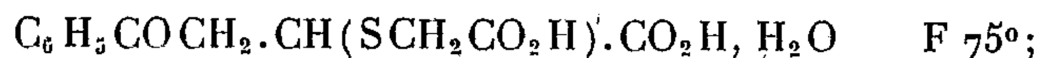
I. *Composés d'addition simple.* — Les mercaptans se fixent très aisément et quantitativement sur l'acide benzoylacrylique en donnant des composés de la forme $C_6H_5COCH_2.CH(SR)CO_2H$. Nous avons préparé :

1° à partir du mercaptan CH_3SH, l'acide α-méthylthiobenzoylpropionique $C_6H_5COCu_2CH(SCH_3)CO_2H$; F 63°; S % trouvé, 14,10; calculé, 14,28;

2° à partir du benzylmercaptan $C_6H_5CH_2SH$, l'acide α-benzoylthiobenzoylpropionique $C_6H_5COCH_2CH(SCH_2C_6H_5)CO_2H$; F 144°;

3° à partir du thiophénol C_6H_5SH, l'acide α-phénylthiobenzoylpropionique $C_6H_5COCH_2CH(SC_6H_5)CO_2H$; F 123°; S % trouvé, 10,96; calculé, 11,18;

4° à partir de l'acide thioglycolique CH_2SHCO_2H, le diacide α-acétique thiobenzoylpropionique cristallisant avec une molécule d'eau


$C_6H_5COCH_2.CH(SCH_2CO_2H).CO_2H, H_2O$ F 75°;

5° à partir de l'éthylxanthogénate de potassium C_2H_5OCSSK, l'acide *a*-éthylxanthogénylbenzoylpropionique $C_6H_5COCH_2CH(SCSOC_2H_5)$; F 86°.

Propriétés. — Les produits d'addition des composés sulfhydrylés sur l'acide benzoylacrylique se titrent acidimétriquement en présence de phénol phtaléine. Les alcalis les décomposent lentement en régénérant le mercaptan, qui, le plus souvent, s'oxyde en donnant un disulfure; l'acide benzoylacrylique libéré se scinde ensuite comme l'a montré J. Bougault (*loc. cit.*) en acétophénone et acide glyoxylique.

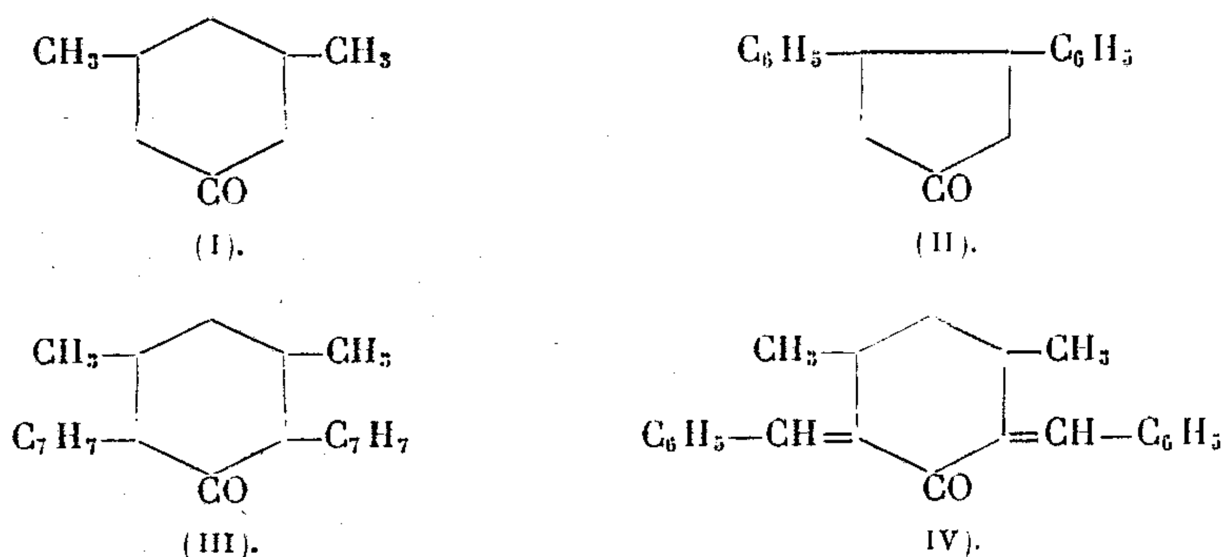
Dans le cas des mercaptans, la réaction semble générale et s'effectue le plus souvent quantitativement; elle peut donc permettre d'isoler un mercaptan dans un mélange, en fournissant un composé défini à point de fusion caractéristique dont le poids moléculaire déterminé par acidimétrie renseigne sur la nature du mercaptan fixé.

Composés nouveaux obtenus.

Acide α-méthylthiobenzoyl propionique.......	$C_{11}H_{12}O_3S$	F 63°
Acide α-benzylthiobenzoyl propionique.......	$C_{17}H_{16}O_3S$	F 134
Acide α-phénylthiobenzoyl propionique.......	$C_{16}H_{14}O_3S$	F 123
Diacide α-acétique thiobenzoyl propionique....	$C_{12}H_{12}O_5S, OH_2$	F 75
Acide α-éthylxanthogénylbenzoyl propionique..	$C_{13}H_{14}O_4S_2$	F 86

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les cyclanones portant une substitution en β et en β', existent en stéréoisomères distincts.* Note ([1]) de MM. **Raymond Cornubert** et **René André** présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une précédente Note ([2]) il a été établi que la forme *cis* de la ββ'-diméthylcyclohexanone I ne peut être convertie en l'isomère *trans*, et qu'à l'opposé de ce qu'on observe avec l'αα'-diméthylcyclohexanone, on ne peut amener ces stéréoisomères à se mettre en équilibre. La forme *trans* n'ayant pu être isolée, il était nécessaire de compléter ce travail par l'étude d'un couple de stéréoisomères géométriques. L'expérience montre en effet que des isomères *cis* et *trans* ne présentent pas la même aptitude à la transposition dans des conditions déterminées comme le révèlent les αα'-dibenzylcyclohexanones; dans leur cas, l'isomère *trans* se transpose beaucoup plus facilement en l'isomère *cis* que ne le fait l'isomère *cis* en l'isomère *trans* ([3]).



A cet effet les ββ'-diphénylcyclopentanones (II) F 76° et 108° ont été préparées à partir du cinnamate d'éthyle ([4]). Or ni l'acide chlorhydrique dilué tant à froid qu'à 70°, ni la soude diluée à froid n'ont provoqué de passage d'une forme à l'autre (à chaud ce réactif, de même que l'éthylate de sodium faible dès la température ordinaire, modifient profondément ces substances). De la même manière un chauffage de ces corps à 160° pendant 10 heures n'a stériquement altéré ni l'un ni l'autre d'entre eux. Or ces réactifs transposent spatialement les αα'-dibenzylcyclopentanones (et cyclohexanones) à la température ordinaire, et un simple mais suffisant chauffage conduit au même résultat.

Les formes *cis* et *trans* d'une cyclanone substituée en β et en β' se caractéri-

---

([1]) Séance du 20 janvier 1947.

([2]) R. Cornubert, R. André et P. Hartmann, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1505.

([3]) P. Anziani, R. Cornubert et M. Descharmes, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 358.

([4]) Bernhauer et Hoffmann, *J. f. pr. Chem.*, **149**, 1937, p. 317.

sent donc par la fixité de leurs structures et nous retrouvons ainsi les observations faites par Hückel ([5]) à propos des β-décalones comme l'un de nous a retrouvé, à propos des αα″-diméthyl- ou diarylcyclohexanones, les caractères notés par Hückel à propos des α-décalones.

Il fallait alors se demander ce que deviennent les phénomènes d'équilibre correspondant à une substitution tant en α qu'en α′ lorsque la cyclanone comporte simultanément des substitutions en β et β′, car il a été établi précédemment par l'un de nous que des substitutions en β ont un effet stérique paralysant sur l'activité chimique d'atomes situés en α, donc entre la substitution et la fonction cétone ([6]). A cet effet, les propriétés αα′-dibenzyl-ββ′-diméthyl-*cis*-cyclohexanones (III) ont été étudiées.

Ces cétones ont été obtenues par hydrogénation catalytique des combinaisons dibenzylidéniques de la ββ′-diméthylcyclohexanone-*cis* précédemment décrites ([7]), ainsi que des huiles résiduaires de cristallisation de celles-ci. Les corps F 66°, 75°, 90° et 107° ont été ainsi isolés et il a été démontré : 1° que le corps F 75° seul donne une oxime F 138° et est donc une cétone; 2° que les corps F 66° et 107° sont également des cétones, mais ceci n'a pu être établi qu'en faisant appel à la réaction ultime du carbonyle : la transformation en alcool secondaire sous l'influence du sodium et de l'alcool absolu, suivie d'une conversion de ce dernier en dérivé acétylé ([6]); 3° que le corps F 90° n'est pas modifiable par traitement au sodium et à l'alcool absolu tout en ayant la composition centésimale voulue. Existerait-il quatre cétones (III), comme il semble exister trois αα′-dibenzylcyclohexanones? ([8]). C'est ce que nous nous proposons de vérifier.

Quoi qu'il en soit de ce point de vue particulier, aucune des quatre substances n'a pu être convertie en l'une quelconque des autres sous l'influence des réactifs ci-dessus mentionnés. De plus, la cétone F 66° a maintenu sa structure par chauffage à 220° sous 20^{mm} (l'expérience n'a pu être faite avec les trois autres corps par manque de matière première). Enfin, toujours à l'opposé des αα′-dibenzylcyclohexanones, il n'a pas été constaté de combinaison des cétones (III) avec le benzaldéhyde dans les conditions dans lesquelles les αα′-dibenzylcyclohexanones engendrent une combinaison tétrahydropyronique ([9]).

Ces études d'équilibres entre formes *cis* et *trans* se poursuivent.

([5]) *Ann. der Chem.*, 441, 1925, p. 1.

([6]) R. Cornubert et collaborateurs, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 2, 1935, p. 198.

([7]) R. Cornubert et R. André, *Bull. Soc. Chim.*, Nancy (séance du 15 juin 1946).

([8]) R. Cornubert, P. Anziani, M. André, M. de Demo et G. Morelle, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 10, 1943, p. 561.

([9]) R. Cornubert, M. André et M. de Demo, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 6, 1939, p. 113.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Formation des aldéhydes* $R(CH_3)_2C—CHO$ *par transposition des α-alcoxyalcools* $R—CHOR_1—CHOH(CH_3)_2$. Note de Mme IRÈNE ELPHIMOFF, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons étudié dans nos travaux précédents [1] le comportement des radicaux gras, dans la déshydratation par l'acide formique anhydre, des glycols du type $R—CHOH—COH(C_6H_5)_2$, et $R—CHOH—COH(CH_3)_2$, pour $C^6 \leqq R \leqq C^{10}$, et nous avons montré que dans les deux cas, la déshydratation donne lieu à la formation de cétone $R—CO—CH(CH_3)_2$ sans migration radical R.

G. Darzens [2] ayant pu déplacer les radicaux $R \geqq C_8$, en déshydratant dans des conditions analogues les monoéthers des glycols correspondants $R—CHOCH_3—COH(CH_3)_2$, pour aboutir aux aldéhydes $CHO-C(CH_3)_2R$, nous avons supposé que la différence de comportement des mêmes radicaux était due au remplacement du groupe hydroxyle par le groupement méthoxy, toutes choses égales d'ailleurs. En augmentant progressivement le poids du radical alcoxy, nous espérions obtenir la migration de radicaux à poids moléculaire de plus en plus bas.

L'expérience a pleinement confirmé cette hypothèse. Nous avons obtenu les migrations exclusives de l'amyle et du butyle et prédominance de l'éthyle à partir des α-butoxyalcools correspondants avec formation d'aldéhydes $R(CH_3)_2C—CHO$ dans lesquels $R = C_2H_5$, $_nC_4H_9$; $_nC_5H_{11}$.

Quant à l'action de l'acide formique sur $CH_3—CHOC_5H_{11(iso)}—COH(CH_3)_2$, elle conduit à un mélange d'aldéhyde triméthylacétique (avec transposition) et d'isopropylméthylcétone (sans transposition) avec prédominance de cette dernière.

Préparation des α-alcoxyalcools $R—CHOR'—COH(CH^3)^2$. — Une molécule d'ester α-alcoxylé traitée par deux molécules de bromure de méthylmagnésium conduit à l'α-alcoxyalcool correspondant.

1. — *Produits intermédiaires de la préparation des α-alcoxyalcools.*

	Acides α-alcoxylés.			Esters α-alcoxylés.		
$R = CH_3$	$R' = C_4H_9$	$C_7H_{14}O_3$	$É_{14}$ 120°	$R'' = CH_3$	$C_8H_{16}O_3$	E_{20} 80° [3]
	$R' = C_5H_{11}$ iso	$C_8H_{16}O_3$	E_{11} 125°	»	$C_9H_{18}O_3$	E_{22} 85°
$R = C_2H_5$	$R' = C_4H_9$	$C_8H_{16}O_3$	E_{16} 130-135°	»	$C_9H_{18}O_3$	$É_{30}$ 96°
	$R' = C_5H_{11}$ iso	$C_9H_{18}O_3$	$É_{18}$ 140°.	»	$C_{10}H_{20}O_3$	$É_{28}$ 102-104°
$R = C_4H_9$				$R' = C_4H_9$, $R'' =$ »	$C_{14}H_{28}O_3$	$É_{24}$ 151-153°
$R = {}_nC_5H_{11}$				$R' = C_4H_9$, $R'' = CH_3$	$C_{12}H_{24}O_3$	$É_{15}$ 135-145°

(1) I. ELPHIMOFF-SCHERBAKOFF, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 564; **222**, 1946, p. 595.
(2) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 884; **196**, 1933, p. 184.
(3) HENZE et MURCHISON, *J. Am. Soc.*, **55**, 1933, p. 4255.

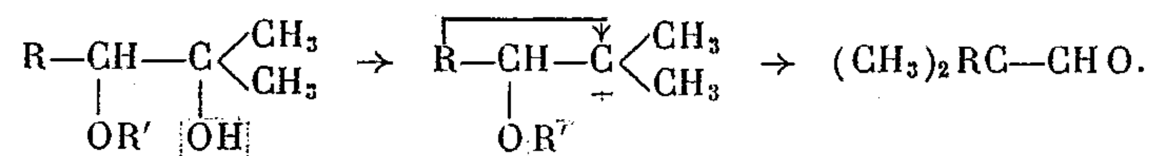
Les α-alcoxyesters nécessaires ont été préparés : 1° à partir des chlorures d'acides α bromés R—CHBr—COCl traités par l'alcool méthylique ou butylique avec formation d'esters R—CHBr—COOR″; ces derniers condensés avec un alcoolate de sodium conduisent à un ester α-alcoxylé R—CHOR′—COOR″; 2° en partant de l'acide α bromé, condensé avec un alcoolate de sodium et estérifié ultérieurement.

II. — *Action de l'acide formique anhydre sur les α-alcoxyalcools.*

α-Alcoxyalcools.					Aldéhydes.		Cétones.
$R = CH_3$	$R' = {}_nC_4H_9$	$C_9H_{20}O_2$	$É_{14}$ 75°	→	$(CH_3)_3C—CHO$	et	$CH_3.CO.CH(CH_3)_2$
	$R' = C_5H_{11}$ iso	$C_{10}H_{22}O_2$	$É_{11}$ 77-78°		SC.F 191°		SC.F 110°
$R = C_2H_5$	$R' = {}_nC_4H_9$	$C_{10}H_{22}O_2$	$É_{11}$ 84°	→	$C_2H_5(CH_3)_2C—CHO$	et	$C_2H_5.CO.CH(CH_3)_2$
	$R' = C_5H_{11}$ iso	$C_{11}H_{24}O_2$	E_{11} 90-91°		SC.F 155°		SC.F 90°
$R = {}_nC_4H_9$	$R' = {}_nC_4H_9$	$C_{12}H_{26}O_2$	E_{26} 123°	→	$C_4H_9(CH_3)_2C—CHO$		
					$C_8H_{16}O$, $É_p$ 130-160°		
					$C_8H_{17}ON$, F 100° (amide)		
$R = {}_nC_5H_{11}$	$R' = {}_nC_4H_9$	$C_{13}H_{28}O_2$	$É_{15}$ 120-123°	→	$C_5H_{11}(CH_3)_2C—CHO$		
					$C_9H_{18}O$, $É_p$ 173-176°		
					SC.F 132°		
					$C_9H_{19}ON$, F 91° (amide)		

Les aldéhydes $C_8H_{16}O$ et $C_9H_{18}O$ ont été transformés en acides par oxydation argentique et en amides correspondants. Le symbole SC. signifie semicarbazone.

Conclusion. — Les résultats obtenus montrent que le groupement alcoxy exerce, dans les cas envisagés, une influence prépondérante sur l'aptitude migratrice du radical R, et par conséquent, il est possible de supposer en ce qui concerne la formation des aldéhydes lors de l'action de l'acide formique sur les α-alcoxyalcools, qu'il n'y aurait pas de départ préalable de R′ du groupe alcoxy suivi d'une migration de R, mais qu'il se produit un déclenchement simultané des deux phénomènes.



CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénolyse du diéthylaminoéthane nitrile en présence du nickel de Raney.* Note de MM. **Raymond Quelet** et **Marcel Paty**, présentée par M. Marcel Delépine.

En vue d'en améliorer le rendement nous avons repris l'étude de l'hydrogénation sur nickel de Raney du diéthylaminoéthane nitrile qui, d'après Winans et Adkins (¹), fournit, en opérant en solution alcoolique à 80-100°, sous une pression de 100-200 kg/cm², un rendement de 37 % en N. N. diéthyléthylènediamine.

(¹) *J. Amer. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 4167.

Nous avons effectué un assez grand nombre d'essais en opérant dans l'alcool et dans l'acétate d'éthyle, en faisant varier la température et la pression. Dans toutes nos expériences, effectuées avec des solutions assez concentrées (4/5, 2 et 5 mol/l), l'hydrogénation qui, en général, n'est pas totale, n'a fourni, dans les cas les plus favorables, que des traces de diéthyléthylènediamine et des proportions assez faibles de l'amine secondaire $[(C_2H_5)_2N.CH_2.CH_2]_2NH$ qui en dérive normalement.

Par contre, nous avons constaté que la réaction prédominante est constituée par une hydrogénolyse de l'aminonitrile conduisant à la mono et à la diéthylamine.

$$(C_2H_5)_2N{-}CH_2{-}CN + 3H_2 \rightarrow (C_2H_5)_2NH + C_2H_5NH_2.$$

Les résultats moyens obtenus en solution alcoolique sont les suivants :

	Nitrile récupéré.	Amine primaire.	Amine secondaire.	Éthyl et diéthylamine.
I	13%	–	10%	37,5%
II	18	5%	10	37,5
III	25	2	1	22

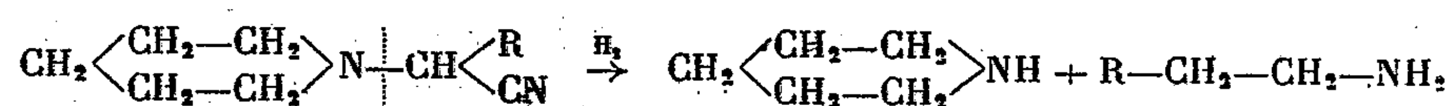
I, température et pression ordinaires, concentration en nitrile 9 %; Ni, 10g pour 1/5 de molécule.

II, température ordinaire, pression 100kg, concentration en nitrile 9 %.

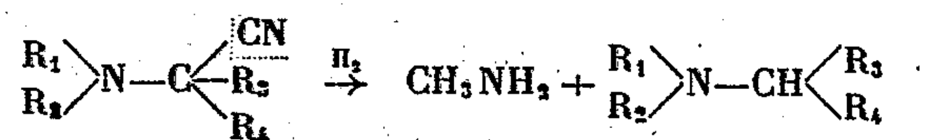
III, température 100°, pression 100kg, concentration en nitrile 22 %.

L'addition de potasse n'accélère pas la réaction et ne modifie pas la nature du phénomène. En remplaçant l'alcool par de l'acétate d'éthyle, la vitesse d'absorption de l'hydrogène est très fortement diminuée, mais le taux de l'hydrogénolyse diminue.

Une hydrogénolyse analogue est signalée par Winans et Adkins dans le travail précédemment cité; elle se produit souvent quantitativement avec les α-aminonitriles dérivés de la pipéridine.



Avec le diéthylaminoéthane nitrile, on aurait pu supposer que la scission se produirait de préférence au niveau du —CN, comme dans le cas des aminonitriles substitués étudiés par Mc. Mecking et Stevens (²) qui, hydrogénés sur Pd ou par Na + alcool, donnent des proportions notables de monométhylamine.



(²) *J. Chem. Soc.*, 4, 1933, pp. 347-349.

Nous avons, d'autre part, observé que l'hydrogénolyse du diéthylamino-éthane nitrile s'effectue facilement par simple chauffage avec de l'alcool et du nickel de Raney. L'hydrogène est ici fourni par l'alcool. Nous avons obtenu :

1° Ébullition 2 heures, pression normale (Ni 10 %); nitrile transformé : 16 %.

2° Chauffage 7 heures à 100-130° (Ni 25 %); nitrile transformé : 25 %.

3° Chauffage 8 heures à 200° (Ni 30 %); nitrile transformé : 100 %.

La transformation se traduit, comme dans la première série d'expériences, par une scission de la molécule de l'aminonitrile au niveau de l'azote ammoniacal, et l'on retrouve la presque totalité de la diéthylamine attendue. Mais des réactions de condensation assez complexes se produisent qui mettent en jeu la monoéthylamine ou l'acétonitrile et, vraisemblablement, l'éthanal provenant de la déshydrogénation de l'alcool.

Dans l'essai n° 3, partant de 28g de diéthylaminoéthanenitrile, nous avons pu isoler :

Éthanal, traces; acétonitrile, traces; chlorhydrate d'ammoniaque, 0,5; monoéthylamine, 12 % du rendement théorique; diéthylamine, 76 % du rendement théorique; 3g d'un liquide à odeur de pipéridine, $É_{19}$ 62-65°; n_D^{20} 1,4395, N %, 10,62; picrate bien cristallisé, N %, 15,24.

Ce composé a une composition qui se rapproche beaucoup de celle d'une éthylméthyl ou d'une triméthylpipéridine. Il reste un résidu assez important ayant encore l'odeur de pipéridine et qui se décompose à la distillation.

Des recherches sont en cours en vue d'établir la constitution du liquide à odeur de pipéridine et d'essayer d'élucider le mécanisme de la réaction qui lui donne naissance.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les complexes moléculaires fournis par la thiourée avec les composés organiques.* Note de M. **Bernard Angla**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que la thiourée forme des complexes moléculaires avec un certain nombre de sels, non seulement avec ceux des métaux coordinatifs, comme le cuivre, mais encore avec ceux des métaux alcalins, et avec les sels d'ammonium.

Dans le domaine organique on a surtout étudié la condensation (avec généralement élimination d'eau) de la thiourée avec un certain nombre de corps, notamment les aldéhydes, en opérant en milieu acide et à chaud.

Cependant la thiourée peut donner lieu, à froid, en milieu neutre, à la formation de complexes moléculaires cristallisés. Seul, celui qu'elle donne avec l'oxalate d'éthyle [1] a été jusqu'ici décrit. Il répond à la formule

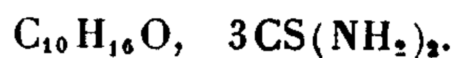
$$C_2H_5CO_2CO_2C_2H_5,\ 2\,CS(NH_2)_2.$$

(1) Nencki, *Ber. chem. Gesells.*, 7, 1874, p. 780.

Nous avons reconnu que cette propriété s'étendait à un certain nombre de corps organiques de diverses catégories. C'est ainsi que la thiourée donne des complexes cristallisés avec les carbures cyclaniques (cyclohexane, cyclohexène, décahydronaphtalène, menthane, pinane, camphane), avec certains dérivés halogénés des carbures aliphatiques (chloroforme, bromoforme, tétrachlorure de carbone, hexachloréthane, chlorure de butyle tertiaire) ou cyclaniques (chlorure de cyclohexyle, chlorure de bornyle), des alcools (cyclohexanol, bornéol), des cétones cyclaniques ou terpéniques (cyclohexanone, 1.3-cyclo-héxènone, menthone, pipéritone, pulégone, thuyone, fenchone, camphre). Les carbures aliphatiques ou aromatiques, les terpènes ne réagissent pas.

Dans le cas des composés carbonylés, il y a lieu de faire une distinction : un certain nombre d'aldéhydes réagissent en effet à froid, en milieu neutre, avec la thiourée, mais, dans ces cas, on observe une réaction analogue avec l'urée : il s'agit toujours de réactions d'addition sur le carbonyle suivies ou non de l'élimination d'une ou plusieurs molécules d'eau. Les cétones aliphatiques ou aromatiques ne réagissent pas en général : il y a cependant quelques exceptions, mais, ici encore, on observe des réactions parallèles avec l'urée : les combinaisons obtenues résultent d'additions ou de condensations sur le carbonyle. Par contre, les cétones cyclaniques ou terpéniques réagissent presque toutes avec la thiourée sans que l'on observe des réactions similaires avec l'urée : les dérivés cristallisés obtenus sont des complexes organiques vrais facilement dissociables comme ceux de la thiourée avec les carbures, les dérivés halogénés, etc.

La préparation de ces complexes peut être effectuée de plusieurs manières. On peut mettre directement la thiourée en poudre au contact du composé organique, s'il est liquide. Dans ce cas le mélange primitivement fluide s'épaissit et même se prend en masse avec un dégagement de chaleur notable. D'une manière générale on utilise les solutions aqueuses ou alcooliques saturées de thiourée à la température ordinaire. Par exemple, en agitant 100^{cm^3} d'une solution aqueuse saturée de thiourée avec 5^{cm^3} de cyclohexane, on observe la formation immédiate des cristaux du complexe. Dans certains cas les cristaux se forment plus lentement et n'apparaissent qu'au bout de plusieurs heures. Le complexe camphre/thiourée peut être obtenu en mélangeant, à la température ordinaire, une solution saturée de thiourée dans le méthanol absolu (70^{cm^3}), avec une solution concentrée de camphre (70 %) dans le même solvant (20^{cm^3}). Il se forme immédiatement un précipité cristallin qui, essoré après quelques heures, lavé sur filtre à plusieurs reprises avec de l'éther de pétrole glacé, et séché à l'air à la température ordinaire, a la composition



$$C_{10}H_{16}O, \quad 3CS(NH_2)_2.$$

On peut obtenir ces complexes dans le cas où la réaction doit avoir lieu avec des corps suffisamment volatils en faisant réagir les vapeurs de ces derniers sur la thiourée en poudre. De la thiourée finement pulvérisée est placée dans un petit cristallisoir et exactement pesée. Dans un cristallisoir analogue on place le constituant volatil, et les deux cristallisoirs sont enfermés dans une enceinte close de faible volume (dessiccateur par exemple). En abandonnant l'ensemble à la température ordinaire, on constate une augmen-

tation régulière du poids de la thiourée, qui cesse au bout de quelques jours. En opérant ainsi avec le bromoforme, le tétrachlorure de carbone, le cyclohexane, le cyclohexène, la cyclohexanone, on a obtenu la formation de complexes répondant à la formule générale : $M, 3CS(NH_2)_2$; (M, molécule du composé volatil).

Quelle que soit la manière dont on les prépare, ces complexes se présentent sous forme de cristaux incolores ayant l'odeur du composé organique combiné. Ils n'ont pas de propriétés accessibles et caractéristiques, et se décomposent en leurs éléments constitutifs sous les influences les plus diverses. Leur point de fusion (tube scellé) est celui de la thiourée. A l'air libre ils perdent leur constituant volatil. Ils sont dissociés par l'eau et la plupart des solvants organiques. En solution leur dissociation est pratiquement complète : on peut considérer qu'ils n'existent qu'à l'état cristallisé.

L'étude isotherme des ternaires constitués par des mélanges de thiourée, du composé organique (cyclohexane, cyclohexanone, hexachloréthane, camphre) et d'un solvant (méthanol ou eau), nous a permis de conclure que ces complexes étaient bien des espèces chimiques, et non des cristaux mixtes.

Par ailleurs, nous avons déterminé dans un certain nombre de cas leur chaleur de formation moléculaire. Celle-ci est de l'ordre de 4 kg/cal., ce qui correspond bien à la fragilité de leurs liaisons.

Ces deux derniers points seront précisés dans une communication ultérieure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles techniques de la réaction de Bouveault et Blanc.* Note de MM. **Léon Palfray** et **Paul Anglaret**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans deux Notes précédentes (¹) nous avons vu comment, dans la réaction de Bouveault et Blanc, deux grandeurs devaient être distinguées :

1° Le coefficient d'utilisation du sodium ρ'.

2° La limite $\rho_{(max)}$ que le rendement ne peut dépasser dans une opération déterminée, quelle que soit la quantité de Na introduite, mais qui peut être reculée par emploi d'un adjuvant capable d'éliminer l'alcoolate qui résulte de la réaction.

Nous allons maintenant voir comment on peut se servir de ces résultats pour établir de nouveaux procédés de préparation des alcools gras.

Dans l'étude précédente, nous avons obtenu déjà d'excellents rendements en alcool gras, mais ce fut toujours au prix d'une dépense considérable de sodium. Il s'agit donc d'obtenir les mêmes résultats avec moins de sodium, c'est-à-dire, d'augmenter ρ'. Or les facteurs qui augmentent ρ' diminuent $\rho_{(max)}$ et *vice versa*.

Mais sur les graphiques établis précédemment figurent les courbes $\rho = f(\text{Na})$

(¹) *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 205 et 860.

et $\rho_{(ac)} = f(\text{Na})$ donnant les rendements en alcool cherché et en produit secondaire à chaque stade de la réaction. Aussi nous commencerons par rechercher les courbes pour lesquelles ρ' [c'est-à-dire $d\rho/d(\text{Na})$] est au départ égal à 1, $\rho_{(ac)}$ étant sensiblement nul. Les conditions initiales dans lesquelles ont été faites les réductions représentées par ces courbes sont des conditions optima. Il suffira de trouver un mode opératoire permettant de réaliser la plus grande partie de l'opération en les respectant.

Prenons comme exemple la réduction de l'oléate de butyle en présence de CO_2.

On constate que les courbes relatives à cet ester et à cet adjuvant peuvent remplir les conditions énoncées ci-dessus, si le butanol est employé comme alcool. Pour cela (C_i désignant la concentration initiale en ester et t la température) il suffit que

si $C_i = 1/3$, $t = 80°$ (environ)
« $C_i = 1/5$, $t = 90$
« $C_i = 1/10$, $t = 100$ etc.

Afin de ne pas avoir à employer de trop grandes quantités de butanol, nous commençons l'opération avec $C_i = 1/3$, à 80°. Nous éliminons ensuite progressivement du butanol par distillation pour maintenir le plus longtemps possible la concentration de l'ester invariable. Comme il n'est pas possible de distiller tout le butanol, il arrive un moment où la concentration devient inférieure à 1/3. On élève alors progressivement la température afin de respecter les conditions optima.

On obtient ainsi, avec un excès de Na de 25 %, un rendement de 95 % en alcool oléique.

Au lieu d'éliminer peu à peu du butanol, on peut maintenir C constant en introduisant progressivement l'ester, la quantité de butanol restant invariable. Ce dernier mode opératoire, avec un excès de Na de 35 %, permet d'obtenir un rendement de 98 %. Les détails techniques seront exposés prochainement dans un travail d'ensemble.

Procédés en continu. — Les mêmes principes permettent d'établir directement des modes opératoires en continu. Mais ces derniers peuvent aussi être établis uniquement par transposition de modes opératoires en discontinu. Pour cela il suffit de faire se succéder les phénomènes dans les diverses parties de l'appareil en continu, comme ils se déroulent dans le temps dans l'appareil en discontinu.

C'est ainsi que l'on peut élever le rendement à 95 % en réduisant l'oléate de butyle par le procédé en discontinu suivant :

A un mélange de 100^g d'oléate, de 270^g de butanol et de 100^g de $ClNH_4$ extrêmement divisé obtenu par réaction entre ClH et NH_3 très secs, on ajoute 4 fois 8^g,8 de sodium. La température est maintenue pour la 1re, 2^e, 3^e et 4^e addition respectivement à 80°, 90°, 100° et 110°. Il est indispensable d'employer un agitateur ne dispersant pas le sodium, mais

agitant énergiquement le liquide (boule percée de trous par exemple). Entre deux additions de sodium, on distille chaque fois la quantité de butanol nécessaire pour que, la réaction terminée, il n'en reste que 100g.

Or si l'on fait circuler du butanol chauffé à 90° dans un tube horizontal dans lequel tourne rapidement un deuxième tube cylindrique, et si l'on introduit un morceau de sodium, on constate que celui-ci est régulièrement entraîné par le liquide. Il n'est pas divisé, et tourne lentement alors que le liquide tourne très vite. En outre les différentes sections du liquide limitées par des plans verticaux ne se mélangent pas entre elles.

En disposant en série quatre tubes de ce genre, dont les températures sont respectivement 80°, 90°, 100°, 110°, et en y faisant circuler le mélange oléate-butanol — $ClNH_4$ en même temps qu'on introduit le 1/4 de la quantité nécessaire de sodium à l'entrée de chacun d'eux, on voit que l'opération discontinue précédente est exactement reproduite en continu. (Naturellement, entre la sortie d'un tube et l'entrée du suivant on distille une partie du butanol.) Le rendement ainsi obtenu est également de 95 %. On voit ainsi combien il est facile de passer du discontinu au continu, si intéressant au point de vue de la pratique industrielle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de quelques acides phosphoniques aminés de formule générale* $H_3\overset{+}{N}-(CH_2)_n-PO_3\overset{-}{H}$. Note de M. **Vincent Chavane**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les acides carboxyliques aminés sont très répandus dans la nature et jouent un rôle prépondérant dans le règne animal; on a également identifié, à l'état naturel, la taurine ou acide amino-2 éthane sulfonique, mais jamais d'acides phosphoniques aminés On pouvait donc supposer que ces acides étaient, soit instables, soit toxiques. Je suis parvenu à en préparer en mettant au point une méthode générale; certains termes de la série ont été également obtenus par des procédés particuliers, à partir de matières premières courantes.

La méthode générale utilise des halogénures d'alcoyles possédant une fonction amine bloquée de diverses façons, mais facilement régénérable.

Première méthode opératoire. — A partir des halogénoalcoylphtalimides $C_6H_4\langle{}^{CO}_{CO}\rangle N-(CH_2)_n-X$. Au sein du benzène bouillant, l'halogène est remplacé par un groupement ester phosphonique neutre, au moyen de phosphite dialcoylique et monosodique (1); on le prépare en sodant directement le phosphite dialcoylique par du sodium à l'ébullition du benzène. La réaction se manifeste par la précipitation de l'halogénure de sodium qui est complète au bout de 3 à 4 heures. Après refroidissement, le sel alcalin est éliminé par un lavage à l'eau soigné, le benzène est chassé par distillation sous vide: on hydrolyse ensuite le groupement phtalimide et les fonctions esters par une ébullition de 12 heures en milieu chlorhydrique concentré. L'acide phtalique

(1) G. Kosolapoff, *J. amer. chem. Soc.*, 67, 1945, pp. 2259-2260.

insoluble est essoré et le filtrat évaporé au bain-marie. L'acide sirupeux ainsi obtenu est purifié par l'intermédiaire de son sel neutre d'argent, qui est soluble dans l'eau, alors que le chlorure et le phosphite précipitent. Comme cet acide est extrêmement hygroscopique, après l'avoir séché à la lampe infrarouge, il est nécessaire de le conserver, soit au dessiccateur ou en tube scellé, soit sous la forme de sels métalliques (Na, Ba, Zn, suivant les cas).

Au cours du présent travail, j'ai utilisé, comme halogénures, des dérivés bromés et l'agent de phosphonation a été le phosphite dibutylique et monosodique. De cette manière furent préparés les acides $H_3\overset{+}{N}-(CH_2)_n-PO_3\overset{-}{H}$ à 2, 4, 5 et 10 carbones.

L'acide amino-2 éthane phosphonique $C_2H_8O_3NP$, particulièrement hygroscopique, rigoureusement insoluble dans les solvants non polaires, très soluble dans l'eau, dont il peut être précipité par l'alcool. Les sels alcalins et alcalinoterreux sont hygroscopiques, le sel de zinc l'est beaucoup moins.

Pas de point de fusion, se carbonise avant de fondre à partir de 250°.

L'acide amino-4 butane phosphonique $C_4H_{12}O_3NP$, légèrement hygroscopique, un peu soluble dans l'alcool. F 133°-134°.

L'acide amino-5 pentane phosphonique $C_5H_{14}O_3NP$, corps pâteux, assez soluble dans l'alcool, a été conservé sous forme de sel neutre de baryum, qui cristallise dans l'eau.

L'acide amino-10 décane phosphonique $C_{10}H_{24}O_3NP$, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool; de consistance pâteuse. F 35°-36°.

Deuxième méthode opératoire. — A partir des bromhydrates de bromoalcoylamines. La phosphonation se fait également au moyen de phosphite dialcoylique et monosodique dont on utilise une quantité double afin de neutraliser l'acide bromhydrique. La fonction amine primaire ne se sode pas, comme on aurait pu le craindre, aux dépens de l'agent de phosphonation. Les traitements ultérieurs sont les mêmes que dans la méthode précédente; l'avantage du procédé est la possibilité d'obtenir l'aminophosphonate dialcoylique et de le purifier par distillation. Cette méthode, utilisée pour préparer l'acide amino-2 éthane phosphonique à partir du bromhydrate de brométhylamine, a permis de distiller l'ester dibutylique, Eb_{25} 134-135°.

L'acide correspondant a été identifié avec l'échantillon préparé à partir du brométhylphtalimide; les rendements sont du même ordre.

Méthodes particulières. — 1° Synthèse de l'acide aminométhane phosphonique CH_6O_3NP. Cet acide a été préparé d'après un brevet de J. Pikl [2] : hydrolyse du produit obtenu par action du trichlorure de phosphore sur le méthylolacétamide. La purification décrite dans le brevet n'est pas suffisante, car elle fournit un produit renfermant du chlorure d'ammonium. La destruction de ce chlorure peut se faire par ébullition en milieu alcalin; la solution est

---

[2] *U. S. P.*, **2**, **328**, **358**, 31 août 1943.

ensuite acidifiée, concentrée, et l'on précipite l'acide à l'état d'huile par l'alcool. Cet acide, très légèrement hygroscopique, cristallise par dessiccation, F > 300°.

2° Synthèse de l'acide amino-10 décane phosphonique. J'ai obtenu cet acide aminé à partir de l'undécanoïque phosphonique-11 traité par l'acide azothydrique, vers 45°, dans l'acide sulfurique à 66° Bé, en présence de chloroforme; le carboxyle est remplacé par une fonction amine primaire ([3]). Les rendements sont mauvais, de l'ordre de 20 %. L'acide obtenu a le point de fusion déjà indiqué : 35-36°. L'undécanoïque phosphonique-11 se prépare avec un très bon rendement par phosphonation du bromo-11 undécanoate d'éthyle et hydrolyse. Il est insoluble dans l'eau, peu soluble dans l'acide chlorhydrique bouillant. F 110°-111°.

Tous ces nouveaux acides aminés donnent des sels acides et des sels neutres. Les sels alcalins et les sels d'argent sont tous solubles dans l'eau. La composition de ces acides a été vérifiée par l'analyse : dosage de l'azote (Kjeldahl) et du phosphore (Marie). On les identifie mal par les méthodes habituelles, en raison de leur hygroscopicité et de leur difficulté de cristallisation, mais leur titrage électrométrique met aisément en évidence les deux fonctions acides et la fonction amine. Bien qu'on ne les ait jamais isolés à partir de produits naturels, ces acides sont stables et leur synthèse ne présente par de difficultés particulières.

GÉOLOGIE. — *Les plis triasiques de la couverture septentrionale du dôme de Barrot (Alpes-Maritimes).* Note de M. **Pierre Bordet**, présentée par M. Charles Jacob.

Des recherches géologiques de détail entreprises sur les affleurements triasiques qui bordent vers le N le dôme permien de Barrot m'ont permis de mettre en évidence une structure en plis déversés ou couchés au SW, qui n'affecte que l'épaisse série dolomitique encadrée de cargneules constituant la partie supérieure du Trias ([1]). Vers le S apparaissent les niveaux siliceux de la base du Trias et le Permien ployés en une vaste coupole à plongement périclinal (dôme de Barrot), dont la voûte n'est affectée que de quelques failles de tassement, tandis que, vers l'W, le N et l'E, toute la série disparaît sous une couverture tranquille de Jurassique inférieur.

Ayant achevé l'étude des affleurements de la région de Guillaumes et de Beuil, je puis apporter certains renseignements complémentaires sur ces accidents.

([3]) M. Oesterlin, *Z. angew. Chem.*, 43, 1922, pp. 536-537.

([1]) P. Bordet, *Sur les dislocations du Trias au nord du dôme de Barrot* (*Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 485).

Les affleurements triasiques se trouvent divisés en deux régions — celle de Guillaumes et de Péone à l'W, celle de Beuil à l'E ([2]) — par une avancée vers le S de la couverture jurassique jusqu'à la Tête du Sapet, au S de Valberg (Col du Quartier). Se raccordant à celle-ci par une flexure brusque, on voit une masse considérable et presque circulaire de schistes bleus oxfordiens, limités par des failles, s'insérer au milieu de la série triasique (accident oxfordien de Valberg formant la crête entre le vallon d'Amignon et Barzès).

Au N de cet accident, on peut reconnaître un premier système de cinq anticlinaux couchés (1 à 5), se chevauchant les uns les autres de manière quelque peu désordonnée dans la région de Péone, et orientés sensiblement NE-SW; deux d'entre eux seulement sont visibles jusque dans la région de Guillaumes (3 et 4).

Par exception, le plus septentrional (1) affecte la série jurassique ([3]). Réduit à une mince bande de cargneules encadrées de Lias, il se poursuit sans interruption vers le NE à travers l'Oxfordien du vallon de l'Isclas, jusqu'à la Tête de Ciamia, au revers de laquelle il se raccorde avec les larges affleurements de la région de Vignols.

Au S de l'accident de Valberg, existe un deuxième système de cinq plis (6 à 10) : leurs axes sont orientés NW-SE, c'est-à-dire à peu près perpendiculairement aux précédents; ce sont eux qui constituent les sommets de Drécia de Forcia, Raton, Courbaissa et Pra dont j'ai déjà donné la description ([1]).

La rencontre de ces deux systèmes de plis se fait dans la région de Guillaumes : le premier (6) s'écrase et disparaît sous le plis inférieur du système précédent (4); le second (7) semble l'encapuchonner (versant E de la montagne de Sause); les trois autres, redressés à la verticale, tournent progressivement à angle droit et après avoir traversé la vallée du Var au S de Guillaumes, ils se dirigent vers le SW en direction de Villeplane, où ils sont suivis par plusieurs autres plis de même style.

A l'E de l'accident de Valberg, on constate un plus grand développement vers le S de la couverture jurassique; le Trias lui-même semble localement moins fortement plissé, ce qui est peut-être dû seulement à un notable épaississement de la série dolomitique.

Au NE de Beuil apparaît localement la charnière d'un anticlinal orienté NW-SE; puis, à l'ouest de Laune, on distingue deux petits bombements orientés presque NS; plus au Sud, deux plis successifs à l'axe EW sont coupés par le ravin de Ciallandre; seul, le plus méridional traverse la vallée du Cians à la hauteur du moulin de Beuil où il apparaît nettement déversé; un autre pli de même style doit encore exister plus au Sud.

On voit que la direction de ces divers accidents est extrêmement irrégulière : elle change brusquement de l'un à l'autre, varie du NW-SE au NE-SW; les déversements semblent d'importance très variable, et dans certains cas les recouvrements peuvent dépasser un kilomètre (Drécia de Forcia). Les terminaisons brusques par écrasement d'un pli sous le front d'un autre d'orientation différente se rencontrent plusieurs fois.

Au total, ce dispositif évoque à plus d'un titre celui d'une étoffe irrégulièrement plissée et froissée autour d'une masse résistante qui, dans le cas présent, serait constituée, non par le sommet, mais par la bordure occidentale du dôme de Barrot.

([2]) *Renseignements topographiques des plans directeurs au* 1/20000, *feuilles de Saint-Étienne-de-Tinée*, 5 et 6, Puget-Théniers, 1 et 2.

([3]) P. Fallot, *Feuilles de Puget-Thénier et de Saint-Étienne-de-Tinée au* 1/50000, (*Bull. Carte Géol. Fr.*, n° 216, 45, 1944, p. 225).

HISTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action des tissus végétaux sur le* pH *des milieux dans lesquels ils sont cultivés.* Note [1] de M. **Roger Gautheret**, présentée par M. Joseph Magrou.

Les chercheurs qui ont étudié l'action du pH sur le développement de racines isolées cultivées *in vitro* ont déjà constaté que la réaction ionique du milieu nutritif varie au cours de la culture (White, Robbins, Malyschev). Hildebrandt, Riker et Duggar, travaillant sur des tissus tumoraux de Tabac et de Soleil ont constaté, au cours de leurs expériences, que le pH du milieu tendait vers la neutralité. Nous avons observé un phénomène analogue au cours de nos essais de culture de tissus de Carotte [2]. Cette neutralisation du milieu, provoquée par les tissus, pourrait, si elle est rapide, expliquer l'absence d'optimum que nous avons remarquée en étudiant l'action du pH sur leur prolifération [2]. Pour cette raison, nous avons étudié avec soin l'action qu'exercent les tissus de Carotte sur le pH des milieux de culture.

Nous avons préparé une série de tubes renfermant l'un de nos milieux de culture habituels (Knop dilué de moitié, additionné de gélose, glucose, vitamine B_1, cystéine et acide indol-acétique). Certains de ces tubes ont reçu des fragments de tissus pesant en moyenne 140 à 200^{mg} provenant de la souche de Carotte que nous entretenons depuis 1937. D'autres n'ont pas été ensemencés. Les tubes étaient placés à l'obscurité dans un récipient privé de gaz carbonique par de la chaux sodée.

Nous avons mesuré périodiquement le pH des milieux d'un certain nombre de tubes. Le graphique ci-contre résume les résultats de cette expérience. Il montre que les tissus modifient le pH des milieux en l'ajustant à une valeur un peu inférieure à la neutralité.

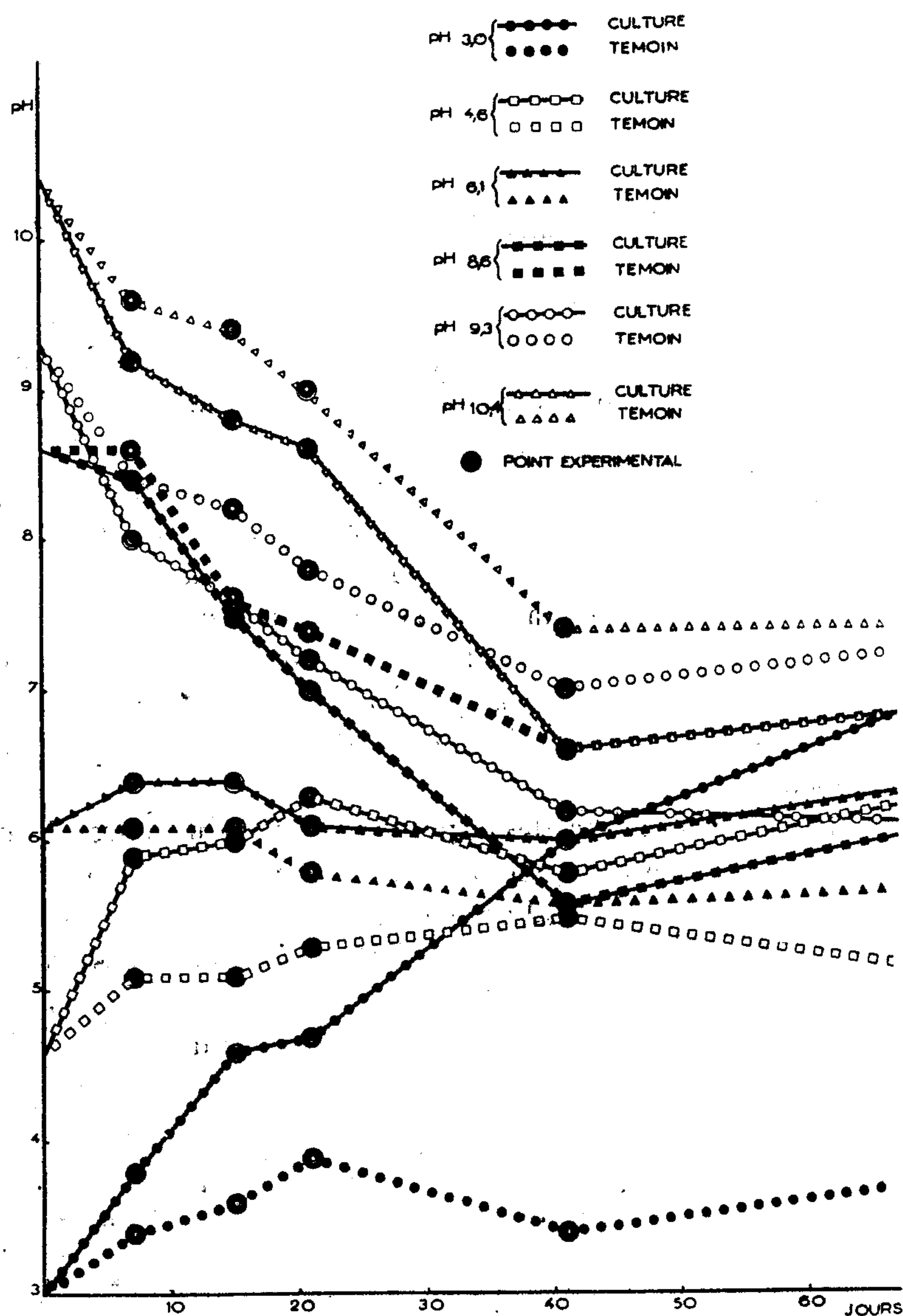
En comparant chaque courbe continue qui représente les variations de pH des milieux ensemencés avec des tissus avec la courbe discontinue correspondante qui indique les variations de pH des témoins, on constate que le pH d'un milieu tend spontanément vers la neutralité. Mais les variations du pH de ces témoins ne sont importantes que dans le cas de milieux primitivement alcalins. On peut remarquer aussi que la part qui revient aux tissus dans les modifications du pH du milieu de culture est considérable s'il s'agit d'un milieu acide, et minime dans le cas où le substrat est alcalin.

Nous avons répété cette expérience en utilisant un milieu six fois plus concentré en sels que le milieu précédent (Knop concentré trois fois au lieu de Knop dilué de moitié). Ce nouvel essai nous a fourni des résultats analogues; mais, conformément à ce qu'on pouvait prévoir, l'amplitude des variations dues

(1) Séance du 3 février 1947.

(2) Action du pH sur le développement des cultures de tissus de Carotte (*C. R. Soc. Biol.*, séance du 11 janvier 1947).

aux tissus a été plus faible. Par contre, nous avons constaté avec surprise que les variations des milieux témoins étaient presque aussi importantes que dans la première expérience.



Variations spontanées du pH de milieux nutritifs (courbes discontinues) et modifications correspondantes provoquées par des tissus de Carotte (courbes continues).

Pour finir, nous avons mesuré le pH de tissus normaux de Carotte et de tissus de notre souche cultivés dans un milieu dont le pH primitif était de l'ordre de 5. Ces mesures furent faites au moyen d'une électrode de verre reposant sur une section des tissus ou baignant dans la bouillie obtenue par broyage. Nous avons obtenu des valeurs de pH oscillant aux alentours de 5,4.

Ces expériences montrent, en résumé, que les tissus de Carotte cultivés *in vitro* ont tendance à amener le pH du substratum à une valeur un peu supérieure à leur propre pH.

PHYTOGÉOGRAPHIE. — *De la présence d'un* Fagopyrum *sur les montagnes de l'Ouest africain*. Note de M. **Henri Jacques-Félix**, présentée par M. Roger Heim.

Le genre *Fagopyrum*, pris dans son sens strict (*Eufagopyrum* de Gross) ([1]), compte tout au plus dix espèces, toutes asiatiques, surtout chinoises et ne dépassant pas vers l'Ouest le plateau du Pamir.

Seuls, *F. tataricum* Gaertn. et surtout *F. esculentum* Moench. ont été répandus par la culture en diverses régions de l'Hémisphère Nord où ils se naturalisent parfois.

La découverte récente, faite par nous, sur les monts Bambutos au Cameroun, d'une plante que nous croyons devoir rapporter au genre *Fagopyrum* ([2]), pose le problème d'une origine et d'une migration que la présence bien connue d'une flore holarctique sur le massif ne suffit pas à expliquer.

Les données sur cette espèce sont les suivantes : *a*. sa morphologie voisine de celle des espèces du genre *Fagopyrum*; *b*. son endémisme apparent très restreint; *c*. son éloignement du centre de son origine présumée; *d*. ses semences zoochores.

Notre plante se rapproche des espèces connues du genre *Fagopyrum* par l'ensemble de ses caractères et, en particulier, par ceux, fondamentaux, de son embryon; elle s'en éloigne par l'absence de glandes interstaminales et, aussi, par ses akènes fortement armés sur les angles de longues soies crochues.

En raison de l'immigration récente de cette plante dans la région (cas général de tous les éléments orophiles des hauts sommets de l'Afrique tropicale) ([3]), en raison de la zoochorie des semences qui insiste dans le même sens, en raison des caractères présentés, nous en induisons que l'identité de ceux-ci et de ceux des espèces asiatiques de *Fagopyrum* n'est pas fortuite, mais dénote une parenté certaine. Malgré un isolement géographique insolite, nous considérons que notre plante est issue de la souche *Fagopyrum* et nous la rapportons à ce genre sous le nom de *F. ciliatum*.

([1]) H. Gross, *Remarques sur les Polygonées de l'Asie orientale* [*Bull. de Géogr. Bot.* (Monde des Plantes), 23, 1913, n° 278, p. 20].

([2]) H. Jacques-Félix, *Description d'un Fagopyrum africain* (*Bull. Mus., Paris*, 18, 1946, n° 5).

([3]) A. Chevalier, *Le peuplement végétal des montagnes de l'Ouest africain* (*Mém. Soc. Biog.*, 1928, pp. 221-229).

Il ne nous semble pas opportun de tenir compte des légères dissemblances de caractères constatées et de détacher cette plante du genre *Fagopyrum* en fondant un genre nouveau. Ceci masquerait une réelle communauté phylogénique et un intéressant cas de migration. De même, l'attribuer à l'immense genre *Polygonum* (auquel on a rattaché parfois le genre *Fagopyrum*) serait trahir le but de la classification et retirer toute assise aux recherches de biogéographie.

Si l'identité phylogénique nous paraît hors de doute, le processus de la migration restera hypothétique tant que l'espèce, ou une espèce alliée, n'aura pas été trouvée sur le parcours ou dans le berceau même du genre.

Au préquaternaire, la flore asiatique a envahi l'Europe et amené de nombreux éléments jusque dans le domaine où on les retrouve encore.

Il n'est pas interdit de penser que le genre *Fagopyrum*, ayant la région Angarienne pour origine, se soit, à cette période, largement étendu vers l'Ouest par une série de formes évolutives progressivement différenciées de celles d'Asie, et dont notre *Fagopyrum ciliatum* serait l'extrême.

Celui-ci, parvenu par le Turkestan et le Taurus jusqu'en Asie Mineure à l'époque des glaciations, se serait trouvé dès lors sur la voie classique de migration de la flore holarctique vers le Sud. Par la chaîne arabique et le massif abyssin, il aurait atteint les montagnes de l'Ouest africain.

Il n'est peut-être dû qu'aux lacunes de nos investigations floristiques de ne connaître qu'une aire restreinte à cette espèce; toutefois il est plus probable qu'elle est bien disparue des points où elle a pu exister.

Les transports passifs, grâce aux dispositifs des akènes, ont dû jouer un grand rôle dans la migration en la faisant procéder par bonds considérables, diminuant le nombre de relais indispensables.

On serait tenté de dire que c'est peut-être grâce à de tels transports et à d'heureuses circonstances que ce *Fagopyrum* doit de n'avoir pas été détruit par les glaciations, alors que tant d'éléments holarctiques l'ont certainement été et sont disparus à jamais parce que mal armés pour une extension rapide.

ZOOLOGIE. — *Note sur la biologie d'un Crapaud vivipare* Nectophrynoïdes occidentalis *Ang*. Note de MM. **Fernand Angel** et **Maxime Lamotte**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons précédemment signalé ([1]) divers caractères morphologiques et biologiques d'un curieux Amphibien anoure, *Nectophrynoïdes occidentalis* Ang, découvert par l'un de nous ([2]), en 1942, sur les crêtes du massif montagneux

([1]) *Comptes rendus* **219**, 1644, p. 370 et *Ann. Sc. Nat. Zoologie*, 6, 1944, pp. 63-89.
([2]) Première mission Lamotte, 1942.

guinéen du Nimba. L'espèce se montrait remarquable par sa viviparité, exceptionnelle chez un Anoure; de plus l'absence de mâles, sur un lot pourtant assez important de 30 individus capturés, laissait sans solution le problème de la fécondation et suggérait même la possibilité d'un développement parthénogénétique. L'intérêt de la question a conduit l'un de nous à retourner sur les lieux de capture ([3]); ces nouvelles recherches ont amené la découverte de mâles et du mode de fécondation, et l'étude des individus récoltés aux diverses époques de l'année apporte quelques précisions sur la biologie de ce Crapaud.

L'aire totale de la station n'atteint pas 20^{km^2}; elle est entièrement située au-dessus de 1200^{m}. Cette limite d'altitude, très nette, ne correspond à aucune modification de la végétation, mais semble déterminée uniquement par des exigences climatiques assez strictes; les *Nectophrynoïdes* ne vivent en effet que dans une atmosphère très humide, comme en offrent les crêtes du Nimba, continuellement enveloppées de nuages durant la saison des pluies. En saison sèche, de décembre à mars, ils disparaissent complètement et ne reparaissent qu'après les premières tornades régulières de mars; ils sont alors d'emblée abondants. C'est d'avril à juin qu'avaient été effectuées les premières récoltes, qui ne renfermaient que des femelles, presque toutes gravides et portant des embryons plus ou moins avancés. Les naissances s'échelonnent entre juin et le début d'août; après cette période on trouve des individus *des deux sexes*, à tous les stades de développement. Les femelles, qui sont en grande majorité, sont toutes sans embryons. La pigmentation des mâles est légèrement plus sombre; la base de leur pouce est renflée et porte des excroissances nuptiales épineuses de couleur foncée. L'existence de mâles pose le problème de la fécondation, qui doit obligatoirement être interne, puisqu'il y a viviparité.

Il nous a été donné d'observer plusieurs fois l'accouplement, qui a lieu le plus souvent la nuit. Il est du type axillaire et sa particularité essentielle est l'accolement des cloaques du mâle et de la femelle, sans intervention d'organe copulateur. La partie supérieure du cloaque du mâle, formant un léger bourrelet, plus ou moins turgescent, contribue seulement à mieux obturer le pourtour des deux conduits réunis. Ce mode d'imprégnation des ovules, tout à fait exceptionnel pour un anoure, diffère à la fois de celui des Urodèles, par spermatophore, et de celui des Gymnophiones et du genre *Ascaphus*, avec organe intromittant.

L'abouchement des cloaques n'est rendu possible que par des dispositions anatomiques particulières, qui diffèrent notablement dans les deux sexes. En effet, tandis que le cloaque est relativement dorsal et rapproché de la pointe du coccyx chez la femelle, il se trouve au contraire situé ventralement et dirigé vers le bas chez le mâle.

([3]) Deuxième mission LAMOTTE 1946.

Chaque testicule, dont l'aspect général rappelle celui de la Grenouille, se présente sous la forme d'une masse ovalaire irrégulière, fortement pigmentée, surmontée d'un corps adipeux volumineux. Les éléments de la lignée germinale sont groupés en cystes, délimités par de minces travées conjonctives doublées d'une assise de cellules aplaties à noyau très chromatique. Intercalées entre les cellules conjonctives, se trouvent des cellules de Sertoli, sur lesquelles viennent prendre appui les spermatozoïdes, réunis en faisceau. A la période de maturité sexuelle, la majeure partie des cystes est occupée par d'épais bouquets de spermatozoïdes, entre lesquels on distingue de petites plages arrondies, contenant les spermatocytes de premier et deuxième ordre, groupés en pseudo-acini.

Neuf mois s'écoulent entre l'accouplement (septembre-octobre) et les naissances (juin-juillet); comme le développement embryonnaire semble ne durer que quatre mois environ, on peut se demander s'il y a, au début, mise en réserve du sperme, ou arrêt précoce du développement pendant quelques mois. Le développement post-embryonnaire, de la naissance à l'âge adulte, est rapide; il dure environ trois mois, jusqu'en septembre-octobre, est accompagné de modifications importantes de la livrée pigmentaire, d'où disparaissent les dessins juvéniles, apparus très tôt chez l'embryon.

A des caractères écologiques très spéciaux, le *Nectophrynoïdes occidentalis* joint donc une biologie sexuelle particulièrement originale, qui allie la viviparité vraie à une fécondation interne, avec accouplement de type unique chez les Batraciens, par simple accolement des cloaques, sans spermatophore ni organe intromittant.

ZOOLOGIE. — *Étude morphologique du cerveau de* Nephthys Hombergii *Audouin et M. Edw. et* N. cæca F. (*Annélides Polychètes*). Note de M. **François Rullier**, présentée par M. Charles Pérez.

Cette Note a pour objet de jeter quelque lumière sur les assertions contradictoires de plusieurs auteurs concernant le cerveau de *Nephthys Hombergii* et *N. cæca*.

A. *Nephthys Hombergii*. — De Quatrefages ([1]) décrit et figure un cerveau constitué de deux parties distinctes : l'une inférieure, en forme de trapèze, l'autre faisant un pont de sept ganglions au-dessus de la première.

Claparède ([2]) ne retrouve pas l'étonnant pont nerveux signalé par de Quatrefages. Il se contente d'ailleurs d'observer le cerveau par transpa-

([1]) *Mémoire sur le syst. nerv. des Annélides* (*Ann. sc. Nat.*, 3e série, 14, 1850, p. 332; pl. IX, *fig.* 2).

([2]) *Les Annélides Chétopodes du Golfe de Naples*, 1868, p. 179; pl. XVI, *fig.* 1.

rence, et il en donne une mauvaise figure qui ne se rapporte ni à *Nephthys Hombergii*. ni à *N. cæca*; mais tient un peu des deux.

Pruvot ([3]) arrive à une description beaucoup plus exacte, signalant en outre l'origine double des connectifs œsophagiens.

De Saint-Joseph ([4]) ne donne. lui aussi. qu'une figure d'un animal vu par transparence, et sur laquelle on ne voit guère que la partie postérieure du cerveau. Il ne décrit pas celui-ci, s'en rapportant au travail de Pruvot.

C'est ce que je ferai aussi, en précisant : 1° que l'extrémité postérieure du cerveau possède une double pointe dont je signalerai l'homologue chez *N. cæca* et 2° qu'à la partie antérieure, très peu en arrière des racines du collier œsophagien, partent deux nerfs nucaux insérés en pleine masse du cerveau. Personne ne les avait notés, bien que Claparède, Pruvot, de Saint Joseph et Racovitza ([5]) aient parlé de la petite cupule que forme leur épanouissement sur le tégument de l'animal, un peu en arrière des yeux. Ils existent également chez *N. cæca*, *N. cirrosa*. *Ehlers*, et *N. Hystricis* Mac Intosh, et y occupent la même position.

Le cerveau de *N. Hombergii* est donc constitué d'une masse nerveuse unique d'où part le collier œsophagien. Ceci est très général dans ce groupe. Le pont nerveux signalé par de Quatrefages n'est qu'une bande musculo-conjonctive tendue au-dessus du cerveau et lui ressemblant beaucoup comme coloration. La méthode des coupes permet de trancher immédiatement la difficulté.

Il est vrai que de Quatrefages prétendait avoir étudié *N. bononensis* (= *N. cæca*. Fabr.) et non *N. Hombergii*; la description de *N. cæca* qui va suivre montrera qu'il ne pouvait pas en être ainsi. Il a décrit *N. Hombergii*, mais assez mal.

B. *Nephthis cæca*. — Ehlers ([6]) représente le cerveau de *N. cæca* comme formé d'une masse antérieure carrée à laquelle fait suite vers l'arrière un double appendice cylindrique volumineux. Ceci est parfaitement exact et si Pruvot « ne s'accorde nullement avec Elhers », c'est qu'il n'a pas eu de *N. cæca* entre les mains, mais une autre espèce. Schack ([7]) confirme d'ailleurs la description d'Ehlers et donne trois figures de coupes microscopiques qui justifient son assertion. Les deux longs diverticules postérieurs n'auraient pas échappé à la sagacité de Quatrefages s'il avait examiné *N. cæca*. J'ai retrouvé ceux-ci. Ils sont

([3]) *Recherches anatomiques et morphologiques sur le système nerveux des Annélides Polychètes*. Thèse, 1885, p. 21.

([4]) *Annélides Polychètes des côtes de Dinard* (*Ann. sc. Nat. Zool.*, 7e série, **17**, 1894, p. 15, pl. I, *fig.* 1).

([5]) *Le lobe céphalique et l'encéphale des Annélides Polychètes*. Thèse, 1896, p. 122.

([6]) *Die Borstenwürmer*, 1868, p. 610, pl. XXIII, *fig.* 31.

([7]) *Anatomisch-histologische Untersuchung von* Nephthys cæca, 1886, p. 30, *fig.* 24 (A. B. C.).

constitués, comme l'indique Schack, de grosses cellules, très différentes de celles qui constituent le reste du cerveau. Je me propose d'en étudier l'histologie dans un prochain travail.

Dès aujourd'hui, je voudrais signaler que ces lobes postérieurs existent chez toutes les Nephthys que j'ai étudiées. Ils sont très longs chez *N. cæca*, moins développés chez *N. cirrosa* et très courts chez *N. Hombergii* et *N. Hystricis*. Il y a donc tous les termes de passage.

Cette Note montrera une fois de plus l'extrême utilité d'une détermination exacte des animaux, et le bienfait des faunes précises qui permettent d'y arriver.

PHYSIOLOGIE CELLULAIRE. — *Inhibition de l'adaptation enzymatique chez une Bactérie* (E. coli) *infectée par un bactériophage*. Note de MM. **Jacques Monod** et **Élie Wollman** présentée par M. Joseph Magrou.

D'après des résultats récents il semble que les bactéries infectées par un ou plusieurs corpuscules bactériophages soient inhibées dans leur multiplication. [Luria et Delbrück ([1]); Cohen et Anderson ([2])].

Les causes et la nature même de cette inhibition sont inconnues. On peut se demander si le bactériophage n'aurait pas la propriété d'inhiber la synthèse de certains constituants spécifiques, en particulier la synthèse de certains enzymes. C'est ce que nous avons entrepris de vérifier. Nous ne donnons ici qu'un résumé préliminaire de nos observations qui seront publiées par ailleurs ([3]).

Nous avons utilisé une souche d'*E. coli* [souche « B » des auteurs américains ([4])], cultivée en milieu synthétique. Les suspensions bactériennes utilisées étaient carencées en aliment carboné suivant la technique décrite par Monod et Audureau ([5]). Le bactériophage employé (φ^{II}) a été isolé par Wollman ([6]).

On sait que chez la plupart des souches de *E. coli*, certains glucides (glucose) sont attaqués par des enzymes « constitutifs », d'autres (lactose, xylose) par des enzymes strictement adaptatifs [Karström ([7]); Monod ([8])]. Nos expériences ont consisté à comparer : 1° la multiplication du bactériophage; 2° la lyse;

([1]) *Arch. Biochem.*, **1**, 1942, p. 207.
([2]) *J. Exp. Med.*, **84**, 1946, p. 511.
([3]) *Ann. Inst. Pasteur* (en préparation).
([4]) V. Delbrück, *Biol. Rev.*, **21**, 1946, p. 30.
([5]) *Ann. Inst. Pasteur*, **72**, 1946, p. 868.
([6]) *Ibidem* (à l'impression.)
([7]) *Erg. Enzymforsch.*, **7**, 1937, p. 350.
([8]) *Recherches sur la croissance des cultures bactériennes*, Paris, 1942.

3° l'intensité respiratoire, dans des suspensions de bactéries carencées, préalablement infectées par le phage, puis mises en présence de glucose ou de lactose.

Le bactériophage était ajouté à la suspension bactérienne en proportions calculées de façon à obtenir, en 10 minutes, l'adsorption de 5 à 10 bactériophages par bactérie, en moyenne. Dans ces conditions la proportion de bactéries non infectées est négligeable.

Les principaux résultats peuvent être résumés comme il suit :

I. *La multiplication du bactériophage* ne se produit pas dans les suspensions carencées, non additionnées de glucose. Elle se produit au contraire (après une phase latente de durée variable suivant les conditions) dans les suspensions additionnées de glucose. *Elle ne se produit pas* dans les suspensions additionnées de lactose.

II. La lyse, évaluée par mesure de la densité optique, est rapide dans les suspensions additionnées de glucose. Elle ne se produit pas en l'absence de substrat carboné. Elle ne se produit pas non plus, même après trois ou quatre heures à 37°, dans les suspensions additionnées de lactose, à moins que les Bactéries n'aient été adaptées au lactose *avant* l'infestation par le bactériophage. Dans ce cas elle est aussi rapide ou presque qu'en glucose. Cependant l'adaptation au lactose des Bactéries *non infectées* par le bactériophage se produit en une heure environ, à en juger par la croissance des cultures.

III. *L'intensité respiratoire* des suspensions infectées a été mesurée dans l'appareil de Warburg. En présence de *glucose*, on observe une consommation de O_2 intense dans les quinze minutes suivant l'addition du substrat, puis une chute brutale de l'intensité respiratoire, qui se stabilise à 5 % environ de l'intensité de début. Au contraire, l'intensité respiratoire des suspensions infectées additionnées de *lactose* n'est pas plus élevée que la respiration de base en l'absence de substrat. Elle ne manifeste ni augmentation, ni diminution sensible, même après trois ou quatre heures d'expérience. Avec les suspensions *non infectées* mises en présence de lactose, l'intensité respiratoire, très faible au début, augmente rapidement après environ une heure à 37°.

Nous avons obtenu des résultats analogues avec le xylose, autre glucide attaqué par un enzyme adaptatif.

Ces résultats indiquent que lorsqu'une suspension bactérienne, préalablement infectée par un bactériophage, est mise en présence d'un substrat carboné attaqué par un enzyme constitutif (glucose), on observe la multiplication des bactériophages, la lyse de la suspension, et parallèlement à la lyse, une baisse brutale de l'intensité respiratoire.

Au contraire, si la même suspension est mise en présence d'un substrat carboné attaqué par un enzyme adaptatif (lactose), *tout se passe comme si aucun*

substrat n'avait été ajouté. En effet, s'il y avait adaptation enzymatique, on devrait observer d'une part la lyse, d'autre part une angmentation, puis une baisse de l'intensité respiratoire.

Nous ne pouvons, dans un exposé aussi bref, discuter l'interprétation de ces faits. Ces expériences indiquent que l'adaptation enzymatique, c'est-à-dire la synthèse ou au moins l'activation de certains enzymes paraissent impossibles chez les bactéries infectées par le bactériophage.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Réduction des nitrates par les microbes du groupe* Bacillus subtilis *en aérobiose et en anaérobiose.* Note ([1]) de MM. **Maurice Lemoigne** et **Raymond Gavard**.

L'*Escherichia coli* (*Bacterium coli*) réduit les nitrates en nitrites et, grâce à cette réduction, peut se développer en anaérobiose. Au contraire, les bacilles du groupe *Bacillus subtilis* ne peuvent pas vivre en l'absence d'oxygène, même en présence de nitrate, qu'ils peuvent cependant réduire ([2]).

Des expériences nouvelles, faites avec le bacille qui nous a servi dans le travail précédent, nous ont permis de préciser un peu les rapports qui existent entre la réduction des nitrates et l'utilisation de l'oxygène libre chez les aérobies.

Dans le premier essai que nous citerons, nous avons fait agir sur du nitrate. des Bacilles lavés et homogénéisés dans un milieu minéral glucosé, tamponné à pH 7,3. Cette émulsion est maintenue à 31°, dans des conditions d'aérobiose ou d'anaérobiose. Toutes les manipulations ont été faites avec les précautions habituelles pour éviter une contamination, et l'examen microscopique a permis de vérifier que jusqu'à la fin de l'essai, les émulsions microbiennes sont restées bactériologiquement pures.

Les résultats, exprimés en milligrammes, se rapportent à 100^{cm^3} de milieu initial. La teneur en azote nitrique, au début, était de 117^{mg}.

	Conditions d'aérobiose.			Conditions d'anaérobiose.		
Durée en heures	0.	14,30.	38.	0.	14,30.	38.
N organique des Bacilles	4	12	43	4	10	12
N nitreux	0	0	1	0	27	75
N ammoniacal	0	-	60	0	–	18

En aérobiose il y a eu une culture abondante et malgré l'aération intense, tout l'azote nitrique (sauf 15^{mg}) a été réduit en azote organique et en azote ammoniacal. En anaérobiose, au contraire, le développement initial s'arrête

([1]) Séance du 23 décembre 1946.

([2]) M. Lemoigne, R. Desveaux et R. Gavard, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 215.

rapidement. Cependant presque tout l'azote nitrique s'est transformé en azote nitreux et en azote ammoniacal. Les nitrites s'accumulent dans le milieu.

Dans une autre série d'expériences, au lieu de faire agir sur le nitrate une quantité notable de Bacilles lavés, nous avons ensemencé un milieu minéral nitraté et glucosé et cultivé le Bacille dans des conditions d'aérobiose et d'anaérobiose. La teneur initiale en azote nitrique était de 126^{mg} par 100^{cm^3}.

	Culture aérobie.			Culture anaérobie.		
Durée en heures.........	48.	72.	120.	48.	72.	120.
Examen microscopique...........	(*a*)	(*a*)	(*b*)	(*c*)	(*c*)	(*d*)
Matière sèche des bacilles.........	407	481	187	61	63	20
N organique des bacilles...........	40	41	29	3	3	1
N nitreux........................	0	3	0	58	57	62
N nitreux % de N nitrique initial...	0	2,4	0	46	45	49

(*a*) nombreux bacilles; (*b*) bacilles et spores; (*c*) très rares bacilles; (*d*) rares débris de bacilles.

En aérobiose, tout l'azote nitrique (moins 2^{mg}) a été réduit en azote organique et en azote ammoniacal. La culture était très belle. En anaérobiose, un très léger développement s'est arrêté de suite. La petite masse microbienne produite, qui est insignifiante, a cependant permis de réduire près de 50 % du nitrate en nitrite qui s'accumule dans le milieu.

Ces résultats montrent qu'en aérobiose, le développement est intense et la réduction des nitrates est totale. On ne trouve que des traces de nitrites. En anaérobiose, un développement insignifiant est de suite arrêté malgré la réduction du nitrate en ammoniaque et en nitrite.

Dans une Note précédente, nous avons montré que si l'on augmente suffisamment la tension d'oxygène, on peut arrêter la croissance par inhibition du mécanisme d'utilisation du nitrate (cas de *Bacillus megatherium*) ([3]). En anaérobiose, le nitrate est réduit, c'est-à-dire que son oxygène sert d'accepteur d'hydrogène, mais c'est le système *activant* l'oxygène libre qui ne fonctionne plus. Ainsi, dans les Bacilles aérobies, les mécanismes qui utilisent comme accepteur d'hydrogène soit l'oxygène nitrique, soit l'oxygène libre, sont différents et non interchangeables, ayant sans doute des limites de potentiel d'oxydo-réduction qui ne sont pas les mêmes.

L. H. Stickland ([4]), par des procédés différents, était arrivé à une conclusion analogue avec un organisme facultatif, comme *Escherichia Coli*. En outre, contrairement à ce qui se passe avec *Escherichia Coli*, ici l'oxygène du nitrate ne peut remplacer complètement l'oxygène libre pour un développement normal de l'organisme.

([3]) M. Lemoigne, M. Croson et M. Le Treis, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1058.
([4]) *Biochem. Journ.*, 25, 1931, p. 1543.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Variation de l'activité phosphatasique des tissus et organes du Rat au cours du rachitisme expérimental et de son traitement par le calciférol.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons montré ([1]) que deux types de rachitisme expérimental typique peuvent être réalisés chez le Rat : l'un, proprement alcalosique, n'est obtenu que si les animaux sont maintenus à l'obscurité ; l'autre, proprement acidosique, se développe sans inconvénient chez les sujets maintenus à la lumière du jour (uviorésistance). Dans les conditions ci-dessus précisées, les lésions diaphyso-épiphysaires apparaissent très nettes au bout d'une semaine et, par la suite, s'extravasent en larges cupules.

Les régimes utilisés diffèrent peu l'un de l'autre, le premier (R. L.) répond approximativement au régime de Randoin et Lecoq ([2]) et le second (R 242) n'en diffère que par la suppression du lactate de calcium et le renforcement quantitatif du mélange salin 242 qui lui est normalement adjoint. Des résultats analogues s'observent d'ailleurs aussi bien quand le phénylpropionate de ca'·cium (sel acidogène) remplace le lactate de calcium (sel alcalogène). Dan tous ces cas, on note dans les organes et tissus des animaux un déséquilibre acidobasique qui se traduit essentiellement par une évolution du pH des articulations fémoro-tibiales et des fèces dans le sens de l'alcalose ou de l'acidose.

En dépit de leurs origines en quelque sorte « opposées », ces deux types de rachitisme se montrent sensibles à l'action curative de la vitamine D, des doses quotidiennes de 25 γ de calciférol assurant en 7 à 10 jours la calcification des lésions osseuses.

Il nous a semblé intéressant de rechercher, dans un certain nombre de tissus et d'organes, le comportement de la phosphatase alcaline (celle que cliniquement l'on dose dans le sang humain) tant chez le Rat normal que chez les Rats rachitiques soumis ou non à l'action de la vitamine D. Pour ce faire, tissus et organes furent broyés avec du sable de mer lavé, puis épuisés avec de l'eau distillée ; sur le filtrat, le dosage de l'activité phosphatasique fut pratiqué suivant les méthodes habituelles, la proportion d'orthophosphates étant déterminée après addition de β-glycérophosphate de sodium et séjour de la préparation une heure à l'étuve à 37°C., et au pH 8,6, les phosphatases naturelles étant présentes ou précipitées préalablement par l'acide trichloracétique. Le phosphore libéré, dosé par la méthode de Bell et Doisy, est exprimé en milligrammes pour 100^{g} de tissu (unités Bodansky).

Les moyennes de nos déterminations, faites sur de jeunes Rats au régime

([1]) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 938 ; **216**, 1943, p. 503 ; **222**, 1946, p. 1410 et *C. R. Soc. Biol.*, séance du 16 janvier 1947.

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, **97**, 1927, p. 1277 ; R. Lecoq, *Rev. Pathol. comp. Hyg. gén.*, **43**, 1943, p. 230.

varié (témoins), sur des Rats de même âge maintenus 20 jours environ aux régimes R. L. (alcalosique) et R 242 (acidosique), et sur des Rats rachitisés ayant reçu de la vitamine D (calciférol) pendant 5 jours, se trouvent groupées dans le tableau ci-dessous.

Activité phosphatasique exprimée en unités Bodanski pour 100g (moy.).

	Régime varié.	R. L.	R. L. + D.	R 242.	R 242 + D.
Cerveau	2,7	4,1	3,6	3,7	3,7
Muscle	18,7	8,2	15,0	7,9	9,5
Cœur	9,8	9,7	9,8	8,0	6,0
Foie	6,1	23,0	24,9	7,8	13,1
Rein	204,8	348,7	284,7	143,3	160,4
Rate	8,9	54,2	64,0	17,5	20,7
Poumon	17,4	19,6	29,9	24,8	15,9
Articulation fémoro-tibiale	131,2	99,6	200,4	74,5	212,8
Os caudal	36,9	33,5	28,7	3,4	97,7
Intestin (cæcum)	38,4	80,7	74,5	16,3	13,4
Fèces	845,8	1077,7	1022,5	347,0	729,3

L'ensemble des résultats peut être interprété de la façon suivante :

Les modifications phosphatasiques du cerveau et du cœur sont pratiquement nulles. Pour la rate comme pour l'intestin, c'est surtout l'alcalinité ou l'acidité du régime qui font respectivement augmenter le taux de phosphatase dans ces organes. Pour le foie, l'alcalose du régime R. L. entraîne une élévation de la proportion de phosphatase, alors que l'acidose du régime R 242 reste sans effet; la vitamine D ne suffit pas à modifier ces troubles.

Dans le rein, l'articulation fémoro-tibiale et l'os caudal, il semble que l'action rachitigène du régime se manifeste nettement. Elle se traduit par une augmentation (R. L.) ou une diminution (R 242) de l'activité phosphatatique du tissu rénal, que la vitamine D ramène ensuite vers des taux normaux. L'articulation fémoro-tibiale, plus directement atteinte, montre une chute nette de l'activité phosphatasique quel que soit le régime réchitigène utilisé et l'adjonction de vitamine D entraîne une hypercorrection phosphatasique rapide. Très curieusement, les os de la queue n'apparaissent touchés que par le régime acidosique; la vitamine D entraîne d'ailleurs aussi dans ce cas une hypercorrection du trouble phosphatasique.

Le poumon, qui n'est que peu ou pas influencé par le régime, voit, sous l'action du calciférol, s'élever en milieu alcalosique le taux des phosphatases, alors que celui-ci diminue en milieu acidosique; ainsi la vitamine révèle le trouble inverse resté latent jusque-là.

Conclusions. — L'accroissement de l'activité phosphatasique du sérum sanguin, classiquement admise, trouve son explication dans la fuite concomitante

des phosphatases des parties osseuses lésées, devenues inaptes à fixer le calcium. Le calciférol entraîne rapidement une hypercorrection des phosphatases de l'os. L'augmentation ou la diminution des phosphatases des fèces et plus encore des phosphatases rénales apparaît en relation avec la nature alcalosique ou acidosique du rachitisme. L'adjonction de calciférol entraîne une diminution ou une augmentation corrective. La détermination du taux d'activité phosphatasique des féces et des urines pourrait sans doute apporter d'utiles renseignements sur la nature (acidosique ou alcalosique) des rachitismes cliniques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Chromatographie et teneurs en iode thyroxinien et tyrosinien de la thyroglobuline.* Note de MM. **Charles Rivière**, **Gabriel Gautron** et **Maurice Thély**, présentée par M. Maurice Javillier.

Reprenant les travaux antérieurs effectués sur cette question, nous avons précisé que la thyroglobuline est bien une protéine qui contient tout l'iode de la glande, exception faite pour une très petite quantité d'iode lipidique.

La thyroglobuline se présente sous la forme d'une poudre parfaitement blanche, soluble dans l'alcool dilué (30 à 40 %) ou dans l'eau neutre ou alcaline, et légèrement soluble dans l'eau acide (pH 3). Elle est totalement précipitée de ses solutions par acidification à pH 5, par l'acétone, l'alcool fort, l'acide picrique, le sulfate d'ammonium à demi-saturation et par l'acide phosphotungstique.

Des précipitations partielles fractionnées et successives par ces divers réactifs, telles que nous les avons réalisées, nous avaient conduits à admettre que la protéine qui constitue ce corps est unique.

Les teneurs en iode thyroxinien et en iode non thyroxinien sont constantes à partir d'un même lot de glandes thyroïdes. Ces teneurs en iode de la thyroglobuline peuvent varier d'un lot de glandes au suivant, mais nous avons trouvé que le rapport entre l'iode de la thyroxine et l'iode de la diiodotyrosine de la thyroglobuline reste constant dans tous les cas.

Iode total de la thyroglobuline (%)	0^g,400	
Iode thyroxinien (%)	0,160	
		$\frac{\text{Iode total}}{\text{Iode thyroxinien}} = 2,5$
Iode non thyroxinien (%)	0,240	
		$\frac{\text{Iode thyroxinien}}{\text{Iode non thyroxinien}} = 0,67$

Nous avons cependant réussi à réaliser pour la première fois l'analyse chromatographique de cette protéine et montré que la thyroglobuline n'est pas en

réalité un corps unique : elle est constituée par des fractions diversement iodées d'une même globuline.

Nous avons ainsi isolé de très faibles fractions qui présentent la composition suivante :

Iode total (%)	1,85		
Iode thyroxinien (%)	0,715		
		$\frac{\text{Iode total}}{\text{Iode thyroxinien}}$	= 2,59
Iode non thyroxinien (%)	1,13		
		$\frac{\text{Iode thyroxinien}}{\text{Iode non thyroxinien}}$	= 0,64

à côté de fractions presque totalement dépourvues d'iode.

Il est à noter que les rapports entre l'iode thyroxinien et l'iode non thyroxinien restent sensiblement constants. Il en résulte que la formation de thyroxine dans la glande thyroïde serait en étroit rapport avec celle de diiodotyrosine.

Nous avons alors réalisé l'ioduration artificielle de ces diverses thyroglobulines isolées par chromatographie et avons constaté la formation simultanée de thyroxine et de diiodotyrosine. Les rapports entre l'iode de chacun de ces acides aminés restent au début constants et égaux à ceux que nous avons trouvés dans les thyroglobulines naturelles.

Mais si l'ioduration est poussée plus loin, on constate, au-dessus d'une teneur en iode thyroxinien de 0,6 à 0,7 %, que la formation de diiodotyrosine devient plus importante que celle de thyroxine. Le rapport iode total à iode thyroxinien s'élève assez rapidement pour atteindre des valeurs voisines de 4 à 6.

En limitant l'ioduration, nous avons pu ainsi obtenir par synthèse les thyroglobulines à forte teneur en iode thyroxinien que nous avions isolées antérieurement par chromatographie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Variations de quelques constantes biochimiques du sang dans l'avitaminose* B 2 *totale ou compensée chez le Rat.* Note de Mme **Andrée Drilhon**, présentée par M. Paul Portier.

Nous avons fixé antérieurement (1) les premiers, les conditions dans lesquelles la carence expérimentale en vitamine B2 chez le Rat amène un état d'hyperglycémie, laquelle peut atteindre le double de la glycémie normale.

Au cours de l'étude d'un certain nombre de constituants biochimiques du milieu intérieur, nous avons pu préciser la sensibilité du test de la glycémie

(1) A. Drilhon, *C. R. Soc. Biol.*, **138**, nos **11** et **12**, 1944, p. 377.

dans l'avitaminose avec, parallèlement, des variations de la réserve alcaline et du rapport N total/N non protéique.

Ces variations sont constantes et ont pu être vérifiées sur des séries différentes de Rats mis en expérience depuis trois années. Il faut préciser que le poids initial des animaux doit être faible au départ et compris entre 25 et 50 grammes au plus pour obtenir une avitaminose certaine et non une hypovitaminose qui entraîne des modifications frustes variables selon les cas.

Le régime fut celui de *Randoin, Raffy, et Aguirrezabala*. On trouvera ci-dessous résumés nos principaux résultats.

	Poids au départ (g).	Glycémie.	Réserve alcaline à 0° et à 760^{mm} Hg. (cm³).	N total / N non protéique (%).
Rat normal	30	0,80	40 à 42 CO_2 %	48
» positif (régime + 30γ B_2)..	25 à 35	0,80	40	45 à 48
» négatif (régime seul)......	25 à 35	1,40 à 1,65	28	22 à 25
	40 à 70	1,30	30	34

La réserve alcaline des Rats normaux et des témoins positifs se maintient comprise entre 37 et 39^{cm^3} de CO_2 à 0° et à 760^{mm} de mercure. Celle des témoins négatifs diminue sensiblement au fur et à mesure que la courbe de poids reste stationnaire et que s'installe l'hyperglycémie. Celle-ci chez les animaux les plus carencés descend à 25^{cm^3} de CO_2 à 0° et 760^{mm} Hg.

Il est connu que l'avitaminose B globale déclenche l'acidose chez le Pigeon. Par ailleurs l'acidose expérimentale chronique provoquée d'après les expériences de Lecoq ([2]), P. Chauchard et H. Mazoué, n'est pas améliorée par l'adjonction de vitamines du groupe B au régime. C'est donc de manière indirecte que la carence provoque cette intoxication de l'organisme.

Il en est de même en ce qui concerne le métabolisme azoté; la carence en vitamines B1, B2 et amide nicotinique provoque des pertes azotées importantes. Les troubles dans ce métabolisme ne peuvent être rattachés qu'indirectement à cet état de carence puisque, expérimentalement, des Rats soumis au jeûne protéique et dont le bilan azoté est établi selon la méthode de Terroine et Folin ([3]) ne sont pas améliorés par l'adjonction de vitamines du groupe B à leur régime.

Nos Rats soumis au seul régime d'avitaminose B2 ont leur teneur en azote total du plasma sensiblement diminuée avec une teneur en azote non protéique à peu près constante; pour des Rats de poids à peu près égaux entre 28 et 34^g le rapport de l'azote total à l'azote non protéique passe de 48 % chez le Rat normal, à 31, puis 28 et même 25 % dans la carence prolongée plus de 50 jours.

([2]) *Bull. Soc. chim. biol.*, 28, 1946, p. 595-607.

([3]) A. Laurens, P. Mandel et O. Thomas, *C. R. Soc. biol.*, nos 17-18, 1944, p. 672.

Par ailleurs, nous avons eu l'occasion de suivre la glycémie et la réserve alcaline de Rats soumis au régime d'avitaminose B2 et recevant 50 γ par jour de ptérines naturelles ou de synthèse dans les conditions qui ont été publiées antérieurement par Busnel et Polonovski.

Ici deux séries d'expériences ont été faites selon que le jeune Rat était normal ou cæcumectomisé, c'est-à-dire privé de sa poche cæcale, laquelle, d'après ces auteurs, était susceptible de permettre une synthèse bactérienne vitaminique.

Dans ces deux cas, nous avons retrouvé, pour les témoins positifs cæcumectomisés, un chiffre de glycémie et de réserve alcaline normal : les témoins négatifs cæcumectomisés supportent mal le régime de carence et n'atteignent jamais des hyperglycémies élevées : $1^g,25$ à $1^g,30$ pour 1000 maximum. Leur réserve alcaline n'est aussi que peu diminuée, elle descend à 35^{cm^3} de CO_2 à 0° et 760 mm Hg.

Un certain nombre de ptérines naturelles (fluorescyanine), ou de synthèse (isoxanthoptérine, lumazine, xanthoptérine, acide folique) ont été expérimentées. Les Rats recevaient 50 γ par jour en injection intrapéritonéale.

La vicariance de ces produits à l'égard des vitamines B1 et B2 a été mise en évidence en ce qui concerne la courbe de croissance et la chronaxie par les travaux de Busnel, Chauchard et Polonovski ([4]), ([5]).

Nous apportons ici les chiffres justifiant l'action de ces mêmes produits sur les constituants du milieu intérieur, action variable selon la ptérine étudiée.

La fluorescyanine, donne après 50 jours d'expérience des glycémies encore éloignées de la normale, oscillant entre 1,12 à $1^g,25$ avec une réserve alcaline basse (28 à 30^{cm^3} CO_2).

L'isoxanthoptérine, ne compense pas complètement ni la glycémie ni la réserve acaline (glycémie de 1,12 à $1^g,15$ et réserve alcaline de 30 à 32^{cm^3} de CO_2 à 760^{mm} Hg).

La lumazine, la xanthoptérine, maintiennent chez le Rat normal ou cœcumectomisé une légère hypoglycémie de 0,60 à $0^g,78$ ‰.

Il apparaît que l'action vicariante des ptérines à l'égard des vitamines B_1 et B_2 s'avère certaine pour un certain nombre de facteurs, elles paraissent avoir chacune une action assez différente sur les variations des éléments biochimiques sanguins, action qui mériterait d'être précisée et qui permettrait de mieux sérier leurs propriétés individuelles.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

([4]) R. G. Busnel, P. Chauchard, H. Mazoué, M. Polonovski, *C. R. Soc. biol.*, **140**, 1946, p. 50.

([5]) H. Benard, R. G. Busnel, P. Chauchard, H. Mazoué, M. Polonovski, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 826.

COMITÉ SECRET.

M. le **Président**, au nom de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *Louis Martin*, présente la liste suivante :

En première ligne .... M. **Paul Lévy**.
En seconde ligne, ex æquo *et par ordre alphabétique*............ MM. **Henri Piéron**. **Jacques Tréfouël**.
En troisième ligne.............. M. **Jean-Jacques Trillat**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 17h15m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

Ouvrages reçus pendant les séances de janvier 1947.

Traité de rééducation, par Gérard de Parrel. Paris, Les ordres de chevalerie. 1946; 1 vol. 24cm,5 (présenté par M. Léon Binet).

Développements modernes de la gravimétrie. Nouvelles méthodes de mesure de la pesanteur. La forme de la Terre et la structure de son écorce, par Pierre Lejay. Paris, Gauthier-Villars, 1947; 1 vol. 25cm.

La reconstruction française. Préface de M. Raoul Dautry, avec le concours des grands techniciens français. Lyon, Association des anciens élèves de l'École centrale lyonnaise, 1946; 1 vol. 31cm.

Service géologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi. *Bulletin du Service géologique*, n° 1, 1945. Léopoldville, Services géologiques régionaux; 1 vol. 24cm,5.

Science in a changing World, par L. J. F. Brimble. Cairo, Fouad I University Press, 1946; 1 vol. 23cm,5.

Siboga-Expeditie, XXV *bis*. *Siboglinum Caullery* 1914. *Type nouveau d'Invertébrés, d'affinités à préciser*, par Maurice Caullery. Leiden, E. J. Brill, 1944; 1 vol. 34cm.

Siboga-Expeditie, XXIV² *bis*. *Polychètes sédentaires de l'expédition du Siboga. Ariciidæ, Spionidæ, Chætopteridæ, Chlorhæmidæ, Apheliidæ. Oweniidæ, Sabellariidæ, Sternaspidæ, Amphictenidæ, Ampharetidæ, Terebellidæ*, par Maurice Caullery. Leiden, E. J. Brill, 1944; 1 vol. 34cm.

Académie royale de Belgique. *Bulletin de la Classe des Sciences*. 5e série, tome XXXI, 1945. *L'homme peut-il utiliser comme aliment des feuilles d'arbres? — La variabilité du nombre des stigmates chez* Papaver Rhœas *L. — A propos de Belges dans l'histoire de la Botanique*, par Émile De Wildeman. Bruxelles, Palais des Académies, 1946; 3 fasc. 25cm,5.

Institut royal colonial belge. *Bulletin des séances*, XVII, 1941, 1 et 2. *A propos de médicaments antilépreux d'origine végétale. — Les matières premières usuelles du régime végétal, d'après le professeur Em. Perrot*, par Émile De Wildeman. Bruxelles, Marcel Hayez, 1946; 2 fasc. 25cm,5.

Id. — *A propos de médicaments antilépreux d'origine végétale*, XVII-1946, fasc. II. — *Sur des espèces du genre Eucalyptus l'Hérit.* — Fasc. VIII. — *Sur des espèces du genre* Acacia *L.* — Fasc. XI. — *Sur des représentants des genres :* Bauhinia, Cæsalpinia, Cicer, Cynometra, Entada, Erythraphleum *de la famille des Léguminosacées*, par Émile De Wildeman et L. Pynaert. Bruxelles, Marcel Hayez; 3 fasc. 25^{cm},5.

Éloge funèbre de M. J. Frateur, par Émile De Wildeman. Extrait du *Bulletin de l'Institut royal colonial belge*, tome XVII, fasc. 2, 1946; 1 fasc. 25^{cm},5.

Sergei Nikolævitch Winogradsky, par Selman A. Waksman. Extrait de *Soil Science*, vol. 62, n° 3, 1946. New Jersey Agricultural Experiment Station, 1 fasc. 25^{cm}.

Académie des sciences de l'U. R. S. S. *L'azote dans la vie des plantes et dans l'agriculture de l'U. R. S. S.*, par Dimitri N. Prianichnikov. Moscou, Académie des sciences de l'U. R. S. S., 1945; 1 vol. 26^{cm},5 (en langue russe).

Id. — *Pafnoutiy Livovitch Tchebichef*, par Alexis Nicolaievitch Krylow. Moscou, 1944; 1 vol. 19^{cm} (en langue russe).

Id. — Charles Darwin, par S. M. Dobrogaev. Moscou, 1945; 1 vol. 21^{cm} (en langue russe).

Id. — *Ivan Petrovitch Pavlow*, par Ezras Asratovitch Asratian. Moscou, 1946; 1 vol. 19^{cm} (en langue russe).

Charles Darwin. Cours inédits, Moscou, 1941; 1 vol. 26^{cm} (en langue russe).

Assemblée plénière de travail. Conférences, articles, interventions sur la physiologie de la digestion, par Ivan J. Pavlov. Moscou, 1946; 1 vol. 26^{cm} (en langue russe).

Association française pour l'avancement des sciences. 64^{e} session. *Paris, Congrès de la Victoire*, tome I, 1945. 1 vol. 24^{cm}.

Découverte de science (et pensée de philosophie), par Renzo Pucci. Livorno, Benvenuti et Cavaciocchi, 1946; 1 fasc. 23^{cm}.

Étude expérimentale de l'irrigation du sol des Beni-Amir, par Georges Bryssin. Rabat, Centre de recherches agronomiques, 1945; 1 vol. 24^{cm}.

Étude préliminaire des sols et des aptitudes agricoles du périmètre irrigable de Triffa, par Georges Bryssin, Georges Grillot, Louis Virelizier. Rabat, Service de la Recherche agronomique et de l'expérimentation agricole et Services agricoles régionaux d'Oudja, 1946; 1 vol. 24^{cm}.

Théorie et pratique des opérations d'assurance. Précis de technique actuarielle. Tome I. — *Généralités, assurances sur la vie.* Tome II. — *Assurances diverses*, par Pierre Richard. Paris, G. Doin et C^{ie}, 1944; 2 vol. 25^{cm}.

A la recherche d'une discipline économique. Première partie. *L'Économie pure.* Tome I et Annexes, par Maurice Allais. Paris, Ateliers Industria, 1943; 2 vol. polycopiés, 31^{cm},5.

L'optique électronique. Réunions d'études et de mise au point tenues sous la présidence de Louis de Broglie, par Claude Magnan, André Lallemand, Emmanuel Fauré-Frémiet, Paul Chanson, André Ertaud, Pierre Grivet, Gaston Dupouy, L. Léauté. Paris, Éditions de la Revue d'optique théorique et instrumentale, 1946; 1 vol. 22^{cm}.

Traité d'océanographie physique. L'eau de mer, par Jules Rouch, in *Bibliothèque scientifique.* Paris, Fayot, 1946; 1 vol. 23^{cm}.

Generalización de la igualdad de Lagrange y de la desigualdad de Sundman para el caso de mós de tros cuerpos, par Godofredo Garcia in *Publicationes del Instituto de matematica y estadistica*, Vol. I, n° 5. Montevideo, R. O. del Urugay, 1946; 1 fasc. 23^{cm},5.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 FÉVRIER 1947.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

IMMUNOLOGIE. — *Les solutions de streptomycine. Leur stabilité. Action du formol*
Note ([1]) de MM. **Gaston Ramon**, **Rémy Richou** et **Jean Ramon**.

Nous avons montré dans des Notes précédentes que le formol (associé ou non à un chauffage modéré, 55° par exemple), préconisé et utilisé par l'un de nous dès 1915 comme antiseptique dans les sérums thérapeutiques ([2]), pouvait être employé également pour la conservation de la stérilité bactériologique et pour la stabilisation de diverses substances antibiotiques telles que les filtrats de culture de *Penicillium notatum*, les solutions de pénicilline ([3]), etc.

Dans des essais nouveaux, nous avons étudié à la fois la stabilité des solutions de streptomycine et l'influence du formol sur leurs propriétés antibiotiques. Voici, par exemple, la relation de l'un de nos essais.

Une solution est préparée renfermant 1 centigramme de streptomycine purifiée ([4]), par centimètre cube d'eau physiologique. Une portion de cette solution est additionnée de 0,03 de formol (solution commerciale d'aldéhyde formique) pour 100^{cm^3}. On répartit ensuite ces différentes portions dans des flacons de 20^{cm^3} (bouchés au caoutchouc) à raison de 5^{cm^3} par flacon.

Des flacons de chaque sorte de solution sont placés les uns à la chambre froide (+2, +4°), les autres à la température du laboratoire (+13, +18°).

Au bout de six semaines, l'évaluation des propriétés antibiotiques des solutions de streptomycine qui avait été effectuée au début de l'expérience est renouvelée, dans les deux cas selon le procédé usuel suivant, en utilisant comme germe d'épreuve une souche d'*Escherichia coli* ([5]) : dans des tubes à

([1]) Séance du 10 février 1947.

([2]) Voir, pour la bibliographie, G. Ramon, *Bull. Acad. de Méd.*, **130**, 1946, p. 525.

([3]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 772; **223**, 1946, p. 368.

([4]) Streptomycine Merck mise obligeamment à notre disposition par notre collègue M. Levaditi.

([5]) Souche Levaditi.

essais de petit calibre renfermant 4$^{cm^3}$ de bouillon nutritif (obtenu par digestion papaïnique de viande) on ajoute des quantités progressivement décroissantes : 1$^{cm^3}$, 1/2, 1/4, 1/10, 1/20, 1/40, 1/100 de centimètre cube, d'une dilution au 1/100, des solutions de streptomycine. Après avoir agité les tubes pour bien mélanger, on laisse tomber dans chacun d'entre eux, deux gouttes d'une culture de 24 heures d'*Escherichia coli* et on les abandonne à l'étuve. Les conditions et les résultats des expériences sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

	Quantités de solution de streptomycine diluée au 1/100 dans 4$^{cm^3}$ de bouillon.								
	1$^{cm^3}$.	1/2.	1/4.	1/10.	1/20.	1/40.	1/100.	0.	
Solution originelle	—	—	—	—	+	+	+	—	Végétation après 24 h.
(dosage initial).	—	—	—	—	+	+	+	+	» 48
Solution	—	—	—	—	+	+	—	+	» 24 h.
après 6 semaines au frigidaire.	—	—	—	—	+	+	+	+	» 48
Solution	—	—	—	—	+	—	+	+	» 24 h.
après 6 semaines au laboratoire.	—	—	—	—	+	+	+	+	» 48
Solution formolée	—	—	—	—	+	+	+	+	» 24 h.
après 6 semaines au frigidaire.	—	—	—	—	+	+	+	+	» 48
Solution formolée	—	—	—	—	+	+	+	—	» 24 h.
après 6 semaines au laboratoire.	—	—	—	—	+	+	+	+	» 48

Il ressort de cet essai, et d'autres du même genre, que la streptomycine en solution dans l'eau physiologique apparaît d'une stabilité relativement grande dans ses propriétés antibiotiques, puisque celles-ci demeurent apparemment intactes, même après un séjour de six semaines (limite pour le moment de nos observations) de la solution à la température du laboratoire (13 à 18°). Les solutions de streptomycine semblent nettement plus stables que les solutions de pénicilline placées dans des conditions analogues ([6]). Le formol, ajouté à la solution de streptomycine dans la proportion de 0,03 à 0,05 %, ne provoque pas d'altération sensible des propriétés antibiotiques ([7]), ce qui permet d'envisager la possibilité de l'emploi de cet antiseptique pour la conservation de la pureté bactériologique des solutions de streptomycine et pour accroître, dans une certaine mesure, leur stabilité ([8]).

([6]) *Revue d'Immunologie*, **10**, 1946, p. 125.

([7]) Nous rappellerons que dans une Note antérieure nous avons fait connaître que le formol ne trouble pas non plus, dans une mesure appréciable, les propriétés antidotiques des filtrats de culture d'*Actinomyces griseus*, culture d'où est retirée la streptomycine (G. Ramon, C. Levaditi, R. Richou, et Mlle Jeanine Henry, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 82).

([8]) Faute de quantités suffisantes de streptomycine, nous n'avons pu étudier jusqu'ici l'action simultanée du formol et de la chaleur (chauffage à 55° par exemple) sur les propriétés antibiotiques de cette substance, mais nous avons tout lieu de penser qu'il en est de même dans ce cas que dans le cas des solutions de pénicilline, à savoir que le formol et la chaleur modérée agissent de façon synergique pour assurer à la fois leur stérilité et leur stabilité.

Ces faits et les conséquences qu'on en peut tirer sont de nature à faciliter l'usage des solutions de streptomycine dans la thérapeutique de certaines maladies infectieuses.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section des Académiciens libres, en remplacement de M. *Louis Martin*, décédé.

Les scrutins donnent les résultats suivants :

	Nombre de suffrages	
	1er tour.	2e tour.
Nombre de votants	61	59
MM. Jacques Tréfouël	22	34
Henri Piéron	24	23
Paul Lévy	14	2
Jean-Jacques Trillat	1	-

M. **Jacques Tréfouël** ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la place de Membre astronome vacante au Bureau des Longitudes, par le décès de M. le Général *Perrier*, pour la première ligne, M. **Élie Cartan** obtient 29 suffrages, contre 21 à M. **Jean Chazy**.

Pour la seconde ligne, M. **Jean Chazy** obtient 32 suffrages, contre 1 à M. **Jules Baillaud**. Il y a deux bulletins blancs et quatre bulletins nuls.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **Élie Cartan**.
En seconde ligne .... M. **Jean Chazy**.

CORRESPONDANCE.

Le Directeur de la Section de reconstitution de l'Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture, signale que l'**American Chemical Society** offre de financer un certain nombre de bourses en faveur de chimistes français désireux d'entreprendre des études avancées aux États-Unis.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° International Council of scientific Unions. *The fourth general Assembly of the international Council of scientific Unions held at London, July* 22 *nd to*

24 *th* 1946. *Reports of Proceedings* edited by F. J. M. STRATTON, general Secretary.

2° JOHN W. OLMSTED. *The scientific expedition of Jean Richer to Cayenne* (1672-1673).

ALGÈBRE. — *L'anneau de Boole à seize éléments et le calcul des propositions.* Note [1] de M. VICTOR LALAN, présentée par M. Élie Cartan.

Les propriétés des anneaux de Boole se transposent immédiatement dans les algèbres de Boole, une fois établie entre les opérations de l'anneau et celles de l'algèbre une correspondance appropriée, suivant un des procédés que j'ai signalés récemment [2]. C'est principalement l'anneau de Boole construit sur deux éléments indépendants, et contenant l'élément unité, qu'il est intéressant de considérer en vue des applications à la Logistique.

Un tel anneau est nécessairement formé de 16 éléments; en effet, toute fonction rationnelle entière à deux variables p, q est réductible à la forme $\alpha pq+\beta p+\gamma q+\delta$, en raison de l'idempotence, qui fait disparaître les puissances supérieures à la première, et, d'autre part, les coefficients α, β, γ, δ ne peuvent prendre que les valeurs 0 ou 1, du fait que $p+p=0$. Il y a donc seulement $2^4=16$ polynomes distincts à deux variables, y compris les constantes 0 et 1.

Si l'on étudie cet anneau du point de vue de la divisibilité, l'examen de la table de multiplication montre que 4 des éléments sont *premiers*, à savoir :

$$a_1=pq+1, \qquad a_2=pq+p+1, \qquad a_3=pq+q+1, \qquad a_4=pq+p+q.$$

L'idéal I_1, formé des multiples de a_1, renferme 8 éléments,

$$0,\ p+1,\ q+1,\ p+q,\ pq+p+q+1,\ pq+q,\ pq+p,\ pq+1.$$

Les idéaux I_1, I_2, I_3, engendrés par a_2, a_3, a_4, se déduisent de I_1 en changeant soit q en $q+1$, soit p en $p+1$, soit les deux simultanément. L'idéal $I_{12}=I_1\cap I_2$, formé des multiples de $a_1a_2=p+1$, contient 4 éléments : $0, p+1, pq+p+q+1, pq+q$. Il y a 6 idéaux à 2 indices, I_{ij}, et 4 à 3 indices, $I_{ijk}=I_i\cap I_j\cap I_k$. De cette étude résulte la décomposition en facteurs premiers des 16 éléments de l'anneau,

$$(\mathrm{I})\quad \begin{cases} 1=1, & 0=a_1a_2a_3a_4; \\ pq+1=a_1, & pq=a_2a_3a_4; \\ pq+p+1=a_2, & pq+p=a_1a_3a_4; \\ pq+q+1=a_3, & pq+q=a_1a_2a_4; \\ pq+p+q=a_4, & pq+p+q+1=a_1a_2a_3; \\ p+1=a_1a_2, & p=a_3a_4; \\ q+1=a_1a_3, & q=a_2a_4; \\ p+q=a_1a_4, & p+q+1=a_2a_3. \end{cases}$$

(Sur une même ligne se trouvent placés les éléments complémentaires.)

---

[1] Séance du 10 février 1947.

[2] *Comptes rendus*, 223, 1946, pp. 1086-1087.

Une seconde décomposition, additive celle-là, s'obtient à partir des 4 éléments

$$a'_1 = pq, \quad a'_2 = pq + p, \quad a'_3 = pq + q, \quad a'_4 = pq + p + q + 1,$$

respectivement complémentaires des éléments premiers de même indice. Ils constituent ce que M. H. Stone ([3]) appelle une *base atomique* pour l'anneau. La décomposition additive se déduit du tableau (I) en y remplaçant a_i par $a'_i + 1$, et en tenant compte, dans la multiplication, que les éléments atomiques sont deux à deux orthogonaux ($a'_i a'_j = 0$) :

$$(\text{II}) \quad \left\{ \begin{array}{rlrl} 0 = 0, & & 1 = a'_1 + a'_2 + a'_3 + a'_4; \\ pq = a'_1, & & pq + 1 = a'_2 + a'_3 + a'_4; \\ pq + q = a'_2, & & pq + p + 1 = a'_1 + a'_3 + a'_4; \\ pq + q = a'_3, & & pq + q + 1 = a'_1 + a'_2 + a'_4; \\ pq + p + q + 1 = a'_4, & & pq + p + q = a'_1 + a'_2 + a'_3; \\ p = a'_1 + a'_2, & & p + 1 = a'_3 + a'_4; \\ q = a'_1 + a'_3, & & q + 1 = a'_2 + a'_4; \\ p + q + 1 = a'_1 + a'_4, & & p + q = a'_2 + a'_3. \end{array} \right.$$

Pour transposer ces résultats dans la Logistique, il suffit d'y introduire une des deux structures indiquées dans la Note mentionnée ci-dessus. Appelons, par exemple, addition la disjonction exclusive, en conservant comme multiplication la multiplication logique; les éléments premiers deviennent

$$a_1 = p' \vee q', \quad a_2 = p' \vee q, \quad a_3 = p \vee q', \quad a_4 = p \vee q,$$

que nous écrirons de préférence sous forme d'implications :

$$a_1 = p \supset q', \quad a_2 = p \supset q, \quad a_3 = q \supset p, \quad a_4 = p' \supset q.$$

Le tableau (I) montre qu'il y a 6 fonctions logiques élémentaires décomposables chacune en un produit de deux implications premières :

$$p \equiv (q \supset p).(p' \supset q), \quad q \equiv (p \supset q).(p' \supset q), \quad (p \equiv q) \equiv (p \supset q).(q \supset p),$$
$$p' \equiv (p \supset q').(p \supset q), \quad q' \equiv (p \supset q').(q \supset p), \quad (p \equiv q') \equiv (p \supset q').(p' \supset q),$$

et quatre fonctions décomposables chacune en trois implications premières :

$$p.q \equiv (p \supset q).(q \supset p).(p' \supset q), \quad p.q' \equiv (p \supset q').(q \supset p).(p' \supset q)$$
$$p'.q \equiv (p \supset q').(p \supset q).(p' \supset q), \quad p'.q' \equiv (p \supset q').(p \supset q).(q \supset p).$$

La décomposition bien connue de l'équivalence logique en un produit de deux implications n'apparaît donc que comme un cas particulier d'un fait général.

D'autre part, les éléments atomiques deviennent les produits logiques

$$a'_1 = p.q, \quad a'_2 = p.q', \quad a'_3 = p'.q, \quad a'_4 = p'.q'.$$

([3]) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 40, 1936, pp. 37-111.

En vertu des relations $a'_i . a'_j = 0$, l'addition logique se confond ici avec la disjonction exclusive, si bien que, dans le tableau (II), on peut remplacer à droite + par /. Cette décomposition additive n'offre pas le même intérêt que la première; elle n'exprime d'ailleurs que ce que donnerait la lecture de la Table de valeurs.

ALGÈBRE. — *Théorie non abélienne des corps de classes pour les extensions finies et séparables des corps valués complets : approximation des corps de caractéristique p ≠ 0 par ceux de caractéristique 0; modifications de la théorie.* Note [1] de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Élie Cartan.

Je conserve les notations de mes Notes précédentes [2]. On a le

Théorème. — *Tout corps valué complet de caractéristique $p \neq 0$ peut être approché par une suite de corps valués complets de caractéristique 0.*

Démonstration dans le cas localement compact : k, étant localement compact de caractéristique $p \neq 0$, est le corps des séries méromorphes d'une variable x sur un champ de Galois r, valué de manière que $|\alpha_s x^s + \alpha_{s+1} x^{s+1} + \ldots| = a^s$, où $a = |x|$ est un nombre réel fixe < 1 ($\alpha_s \neq 0$, α_{s+1}, $\ldots \in r$). Soit k'_m l'extension non ramifiée du corps p-adique rationnel de corps de restes r, valuée de manière que $|p| = a^m$, et $k_m = k'_m(x_m)$, où $x_m^m = p$. Soient $\Pi^{(m)}$, Π_m les diviseurs multiplicatifs des k, k_m de norme a^m. Deux unités de k (qui sont des séries de Taylor en x) sont congrues (mod $\Pi^{(m)}$) si, et seulement s'ils le sont (mod$^+ x^m$), et chaque classe c (mod $\Pi^{(m)}$) d'unités de k possède un et un seul élément $f_c(x)$, qui soit un polynome en x dans r de degré $< m$ et tel que $f_c(0) \neq 0$, et tout polynome de cette forme appartient à quelque classe. De même, toute unité α_m de k_m se met sous la forme d'un polynome $f(x_m)$ en x_m dans le domaine d'intégrité i'_m de k'_m de degré $< m$ et tel que $f(0) \not\equiv 0 \pmod{p}$, et deux unités sont congrues (mod Π_m) si, et seulement si les polynomes correspondants le sont (mod$^+ p$). Dès lors, les classes (mod Π_m) d'unités de k_m peuvent s'identifier avec les polynomes en x_m dans r de degré $< m$, et $f_c(x_m) \to c$ est une application biunivoque des classes (mod Π_m) d'unités de k_m sur celles (mod $\Pi^{(m)}$) d'unités de k. L'addition et la multiplication d'unités de k (mod $\Pi^{(m)}$) étant celle des séries de Taylor en x dans r (mod$^+ x^m$), et celles d'unités de k_m (mod Π_m) étant celles de polynomes dans i'_m (mod$^+ p$, x_m^m), l'application $f_c(x_m) \to c$, $X_m \to X$, où X, X_m sont les classes suivant $\Pi^{(m)}$, Π_m des x, x_m, peut se prolonger en un isomorphisme résiduel ζ_m de k_m sur k de norme a^m. Comme $a^m \to 0^+$, on a $k = \lim k_m$.

Le cas général se démontre à partir du cas localement compact par induction transfinie, en montrant qu'un isomorphisme résiduel de tout corps valué complet k se prolonge en celui du complété K de toute son extension simple.

---

[1] Séance du 10 février 1947.

[2] *Comptes rendus*, **222**, 1940, pp. 626-628, 934-986, 1370-1372; **223**, 1947, pp. 173-175.

Ce théorème permet de déduire la théorie des corps de classes pour les extensions abéliennes séparables des corps localement compacts de caractéristique $p \neq 0$ à partir de la théorie locale ordinaire des corps de classes : en effet, si k est un corps localement compact de caractéristique $p \neq 0$, et si $k_1, k_2, \ldots, k_m, \ldots$ en est une suite approximante de corps $\mathfrak{p}$-adiques, pour toute extension séparable K de k, il existe une suite approximante $K_1, K_2, \ldots, K_m, \ldots$ d'extensions des $k_1, k_2, \ldots, k_m, \ldots$, satisfaisant au théorème de la dernière de mes Notes (²). Donc, K/k est abélienne si, et seulement si K_m/k_m l'est as. K_m/k_m l'est si, et seulement si son groupe de Takagi H_m est d'indice $n_m = (K_m : k_m)$ dans le groupe multiplicatif $k_m^\star$ de k_m, et, sinon, $(k_m^\star : H_m) < n_m$. Or, le groupe de Takagi H de K/k est $\lim H_m$, $k^\star = \lim k_m^\star$, et, as., $n_m = n = (K:k)$, d'où, as., $(k^\star : H) = (k_m^\star : H_m) \leqq n$, et K/k est abélienne si, et seulement si $(k^\star : H) = n$. Les lois d'unicité, d'ordination et d'isomorphisme résultent de $H = \lim H_m$. H a, as., les mêmes valeurs et indices critiques que H_m, et $g_{K_m/k_m} \simeq g_{K/k}$ de manière que les éléments correspondants aient les mêmes nombres caractéristiques (³) et induisent les mêmes isomorphismes du corps de restes, d'où la validité de la Führer-Diskriminantenformel de M. Hasse et la possibilité de définir son symbole dans K/k à partir de celui de K_m/k_m. Les lois d'existence et de translation se démontrent aussi sans difficulté.

La théorie qui fait objet de mes Notes (²) admet plusieurs modifications intéressantes : d'abord, on peut en chercher une forme, où les *entiers* ou les polynomes à coefficients *entiers* de k ne jouent pas de rôle particulier. Si E est un espace ultramétrique, où $d(a, b)$ est la distance des $a, b \in E$, et si e_0 en est un élément fixe, E est aussi un espace ultramétrique par rapport à la distance $d^\star(a, b) = d(a, b) : \mathrm{Max}[d(a, e_0), d(b, e_0)]$. Si dans un corps valué K on prend $e_0 = 0$, les diviseurs de K, organisé par la distance $d^\star(a, b)$, sont évidemment ses diviseurs multiplicatifs, et les analogues des nombres caractéristiques (²) $v_\alpha(\sigma) = \omega(\sigma\alpha - \alpha) = -\mathrm{Log}\, d(\alpha, \sigma\alpha)$ $(\alpha \in K, \ \sigma \in g_{K/k})$ sont les *nombres de ramification* $w_\alpha(\sigma) = -\mathrm{Log}\, d^\star(\alpha, \sigma\alpha) = v_\alpha(\sigma) - \omega(\alpha)$. Ainsi, la nouvelle distance donne à peu près la même théorie de la ramification extrinsèque (³) que l'ancienne et, en plus, si $\beta : \alpha \in k$, on a $(\sigma\beta - \beta) : (\sigma\alpha - \alpha) = \beta : \alpha$, d'où $w_\beta(\sigma) = w_\alpha(\sigma)$. Mais la théorie intrinsèque de la ramification (³) est, en général, très différente pour les deux distances. On obtient, pour la distance $d^\star(a, b)$, une théorie non abélienne des corps de classes, analogue à l'exposée, en posant, dans $\mathcal{E}_k$, $e_0 = f_{0/k}(x) = x$, et en organisant, ainsi, $\mathcal{E}_k$ par la distance $d_a^\star(f, g) = |R(f, g)^{a:nu}| : \mathrm{Max}(|f(0)^{a:n}|, |g(0)^{a:u}|)$. On peut définir le conducteur et étudier les phénomènes critiques et anti-critiques à l'aide de $d_a^\star(f, g)$, en prenant $\mathcal{E}_{K/k}$ au lieu $E_{K/k}$. Mais, $\mathfrak{f}_{K/k}^\star$ étant le conducteur de K/k dans la nouvelle théorie, la condition de $|\mathfrak{f}_{K/k}^\star| = 1$ n'est pas la non-ramification de K/k $(K = K_{T/k})$, mais sa non-surramification $(K = K_{V/k})$ (³).

(³) Voir Krasner, *Comptes rendus*, 220, 1945, pp. 28-30 et 761-763.

D'autre part, on peut modifier la théorie en caractérisant K/k par l'ensemble $M_{K/k}$ des matrices irréductibles de k dont la décomposition dans un corps K' ne peut comprendre une composante de degré 1 que si K'/k est isomorphe à une surextension de K/k. M_k étant l'ensemble des matrices irréductibles de k, et Φ la relation d'équivalence (absolue) de matrices, soient m le degré d'une matrice μ, $\|\mu\|$ son déterminant, 1_m la matrice unité de degré m; $S=\{\mu\to\|1_m x-\mu\|\}$ applique M_k sur $\mathcal{E}_k$ de manière que les images réciproques des éléments de $\mathcal{E}_k$ soient les éléments de M_k/Φ, et l'on a $SM_{K/k}=\mathcal{E}^0_{K/k}$. μ, ν étant des matrices de M_k de degrés m, n, on a $R(\|1_m x-\mu\|, \|1_n x-\nu\|)=\|(1_n\times\mu)-(\nu\times 1_m)\|$, où $\mu\times\nu$ est le produit kroneckérien des matrices μ, ν; ainsi, la théorie exposée et sa modification peuvent être formulées à l'aide de l'espace M_k, organisé par les pseudo-distances $\Delta_a(\mu, \nu)=d_a(S\mu, S\nu)=|\|(1_n\times\mu)-(\nu\times 1_m)\||$ et $\Delta^\star_a(\mu, \nu)=d^\star_a(S\mu, S\nu)=\Delta_a(\mu, \nu):\text{Max}\,(|\|\mu\||, |\|\nu\||)$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la réciproque du théorème d'Abel sur les séries entières*. Note de M. **Hubert Delange**, présentée par M. Paul Montel.

Soit la série de Dirichlet $\sum_1^{+\infty} a_k e^{-\lambda_k z}$, où $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_k, \ldots$ sont des nombres réels positifs croissants, λ_k tendant vers $+\infty$ avec k, et les a, des coefficients complexes.

En supposant que pour k infini λ_{k+1}/λ_k tend vers 1, Littlewood a montré que le fait que la série converge pour $\mathcal{R}[z]>0$ et que sa somme $f(z)$ tende vers une limite finie S *quand z tend vers zéro par valeurs réelles positives* entraîne la convergence de $\sum_1^{+\infty} a_n$ avec comme somme S moyennant l'hypothèse que, pour $k\geqq 2$,

$$|a_k|\leqq\frac{\lambda_k-\lambda_{k-1}}{\lambda_k}M, \tag{1}$$

M désignant un nombre fixe.

Hardy et Littlewood ont montré ensuite que, si a_k est supposé réel, la condition (1) peut être remplacée par

$$a_k\geqq-\frac{\lambda_k-\lambda_{k-1}}{\lambda_k}M. \tag{2}$$

Ces résultats peuvent d'ailleurs se déduire d'un énoncé général relatif à l'intégrale de Laplace, lui-même cas particulier d'un énoncé général de Karamata relatif à des intégrales de la forme $\int_0^{+\infty}\psi(x, t)\,ds(t)$.

D'autre part, Ananda-Rau a montré que l'hypothèse que λ_{k+1}/λ_k tend vers 1 peut être supprimée dans l'énoncé initial de Littlewood relatif à la condition (1), mais non dans celui de Hardy et Littlewood relatif à la condition (2).

Nous nous proposons ici de donner des énoncés nouveaux pour l'intégrale de Laplace et d'en déduire des généralisations des résultats cités.

1. Soit $s(t)$ une fonction complexe de la variable réelle t définie pour $t \geqq 0$, à variation bornée sur tout intervalle fini $[0, L]$, et nulle pour $t=0$. Posons

$$w(\lambda) = \overline{\lim_{t \to +\infty}} \left\{ \sup_{t \leqq t' < \lambda t} |s(t') - s(t)| \right\}.$$

On a ou bien $w(\lambda) = +\infty$ pour tout λ supérieur à 1, ou bien $w(\lambda) < +\infty$ pour tout λ supérieur à 1. Dans ce dernier cas, l'intégrale $\int_0^{+\infty} e^{-zt}\, ds(t)$ est certainement convergente pour $\mathcal{R}[z] > 0$.

THÉORÈME. — *Si l'on a* $w(\lambda) < +\infty$, *et si, la suite* $z_n = r^n e^{i\theta_n}$ *tendant vers zéro de manière que*

$$\lim_{n \to \infty} \frac{r_{n+1}}{r_n} = 1 \qquad \text{et} \qquad \overline{\lim_{n \to \infty}} |\theta_n| < \frac{\pi}{2},$$

$\int_0^{+\infty} e^{-z_n t}\, ds(t)$ *tend vers une limite finie* S, *l'on a*

$$\overline{\lim_{t \to +\infty}} |s(t) - S| \leqq \lim_{\lambda \to 1} w(\lambda), \tag{3}$$

et plus généralement, pour toute suite t_n *tendant vers* $+\infty$,

$$\overline{\lim_{n \to \infty}} |s(t_n) - S| \leqq \lim_{\lambda \to \infty} w[(t_n), \lambda], \tag{4}$$

avec

$$w[(t_n), \lambda] = \overline{\lim_{n \to \infty}} \left\{ \sup_{t_n \leqq t' < \lambda t_n} |s(t') - s(t_n)| \right\}.$$

On en déduit le corollaire suivant relatif à la série de Dirichlet considérée au début :

Si l'on a l'inégalité (1), *qui entraîne la convergence de la série pour* $\mathcal{R}[z] > 0$, *et si, la suite* z_n *satisfaisant aux conditions indiquées ci-dessus,* $f(z_n)$ *tend vers une limite finie S, la série* $\sum_1^{+\infty} a_k$ *est convergente et de somme* S.

[Il suffit d'observer que, si l'on pose $s(t) = \sum_{\lambda_k \leqq t} a_k$, l'on a $w(\lambda) \leqq M(1 + \log\lambda)$ et $w[(\lambda_n), \lambda] \leqq M \log\lambda$.]

2. Si la fonction $s(t)$ est supposée réelle, on peut établir un nouvel énoncé qui se déduit du précédent en remplaçant l'hypothèse $w(\lambda) < +\infty$ par $w_1(\lambda) < +\infty$, avec

$$-w_1(\lambda) = \underline{\lim}_{t \to +\infty} \left\{ \inf_{t \leqq t' < \lambda t} [s(t') - s(t)] \right\},$$

les hypothèses sur la suite z_n, par celle que z_n est réel et positif, $\lim\limits_{n\to\infty} z_n = 0$, $\lim\limits_{n\to\infty}(z_{n+1}/z_n) = 1$, le second membre de (3), par $\lim\limits_{\lambda\to\infty} w_1(\lambda)$, et (4), par

$$(4') \qquad S - \lim_{\lambda\to 1} w_2[(t_n), \lambda] \leqq \varliminf_{n\to\infty} s(t_n) \leqq \varlimsup_{n\to 1} s(t_n) \leqq S + \lim_{\lambda\to 1} w_1[(t_n), \lambda],$$

avec

$$-w_1[(t_n), \lambda] = \varliminf_{n\to\infty} \left\{ \operatorname*{Inf}_{t_n \leqq t' < \lambda t_n} [s(t') - s(t_n)] \right\},$$

$$w_2[(t_n), \lambda] = \varlimsup_{n\to\infty} \left\{ \operatorname*{Sup}_{\frac{1}{\lambda} t_n < t' \leqq t_n} [s(t') - s(t_n)] \right\}.$$

On voit ainsi que, dans l'énoncé de Hardy et Littlewood cité plus haut, il suffit en fait de supposer l'existence d'une limite de la somme de la série pour une suite de valeurs réelles positives de z_n tendant vers zéro et satisfaisant à

$$\lim_{n\to\infty} \frac{z_{n+1}}{z_n} = 1.$$

D'autre part, on peut supprimer l'hypothèse que λ_{k+1}/λ_k tend vers 1 pour k infini, en remplaçant la conclusion par

$$\varlimsup_{n\to\infty} \sum_1^n a_k = S, \qquad \varliminf_{n\to\infty} \sum_1^n a_k \geqq S - \frac{\alpha - 1}{\alpha} M \qquad \text{avec} \quad \alpha = \varlimsup_{k\to\infty} \frac{\lambda_{k+1}}{\lambda_k}.$$

On a d'ailleurs exactement

$$\varliminf_{n\to\infty} \sum_1^n a_k = S + \varliminf_{k\to\infty} a_k.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Propriétés arithmétiques des coefficients des séries de Taylor.* Note de M. CHARLES PISOT, présentée par M. Paul Montel.

On connaît le résultat curieux de M. F. Carlson [1], prévu par M. G. Pólya [2], sur les séries $f(z) = \sum\limits_{n=0}^{\infty} a_n z^n$ à coefficients a_n entiers rationnels, à savoir qu'une telle fonction, si elle est méromorphe dans le cercle $|z| < 1$ et si elle est prolongeable au delà de ce cercle, représente nécessairement une fraction rationnelle. Ce théorème a son origine dans un théorème de M. É. Borel [3] qui arrivait à la même conclusion en supposant la fonction $f(z)$ méromorphe dans

[1] *Math. Zeitschr.*, 9, 1921, pp. 1-13.
[2] *Math. Ann.*, 77, 1916, pp. 497-513.
[3] *Bull. Sci. Math.*, 18, 1894, pp. 22-25.

un cercle $|z| \leq R$ avec $R > 1$. D'un autre côté, M. G. Szegö [4] a démontré que si les a_n ne prenaient qu'un nombre fini de valeurs distinctes (non nécessairement entières) et si $f(z)$ était prolongeable au delà du cercle $|z| < 1$, $f(z)$ était une fraction rationnelle.

Le but de cette Note est de montrer le théorème suivant, englobant (au stade du théorème de M. É. Borel) les théorèmes précédents à savoir :

Théorème. — *Soit* $\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n$ *le développement autour de l'origine d'une fonction* $f(z)$ *méromorphe dans un cercle* $|z| \leq R$ *avec* $R > 1$. *Si les coefficients* a_n *ont un nombre fini de valeurs* (mod 1), $f(z)$ *est une fraction rationnelle.*

On démontre d'abord un lemme : Soit φ_n une suite vérifiant une relation de récurrence à coefficients constants

$$\varphi_{n+r} + \beta_1 \varphi_{n+r-1} + \ldots + \beta_r \varphi_n = 0,$$

pour $n \geq 0$. Posons $\varphi_n = u_n + \varepsilon_n$, u_n étant un entier rationnel et $|\varepsilon_n| < 1$. Il existe alors deux constantes $\lambda > 1$ et $\alpha > 1$ telles que $|u_n| < \lambda\alpha^n$ pour tout $n \geq 0$. Désignons encore par β la somme $1 + |\beta_1| + \ldots + |\beta_r|$.

Lemme. — Si pour $n \geq 0$, on a $|\varepsilon_n| \leq 1/\psi$, avec $\psi \geq 2e\beta r^2 \alpha^{3r}(1 + \log 2\lambda)$ (e base des log. nat.), la suite u_n vérifie elle-même une relation de récurrence $u_{n+s} + b_1 u_{n+s-1} + \ldots + b_s u_n = 0$ à coefficients b_σ entiers.

La démonstration de ce lemme s'appuie sur une méthode de A. Thue [5].

Supposons maintenant $\varphi_n = u_n + \gamma_k + \varepsilon_n$, u_n étant entier, γ_k prenant k valeurs irrationnelles et un nombre fini de valeurs rationnelles de dénominateur commun g, enfin supposons $\varepsilon_n = o(n^{-k-1})$. Soit b un entier supérieur à $8eg\beta r^2 \alpha^{3r} \log\alpha$ et soit n_0 un indice tel que pour $n \geq n_0$ on ait à la fois

$$|\varepsilon_n| < (bn_0)^{-k-1} \quad \text{et} \quad \alpha^n > 4\lambda eg(bn)^k.$$

On peut alors trouver un entier $h \leq g(bn_0)^k$ tel que pour $n \geq n_0$ on ait $h\varphi_n = u'_n + \varepsilon'_n$ avec u'_n entier et $|\varepsilon'_n| \leq 1/\psi'$, $\psi' \geq 2e\beta r^2 \alpha^{3r}(1 + \log 2\lambda')$; le nombre $\lambda' = 2g\lambda(bn_0)^k \alpha^{n_0}$ est tel que $|u'_n| < \lambda' \alpha^{n-n_0}$ et $\lambda' > 1$, donc, d'après le lemme, u'_{n-n_0} vérifie une relation de récurrence.

Si alors $\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n$ est méromorphe dans un cercle $|z| \leq R$, $R > 1$, il existe une fraction rationnelle $\sum_{n=0}^{\infty} \varphi_n z^n$ telle que $\varphi_n = a_n + \varepsilon_n$ avec $|\varepsilon_n| < C\theta^n$, $\theta < 1$. Les considérations précédentes montrent qu'il existe un entier h tel que

$$h\varphi_n = ha_n + h\varepsilon_n = u'_n + \eta_k + h\varepsilon_n,$$

---

(4) *Math. Ann.*, 87, 1922, pp. 90-111.

(5) *Norske Vid. Selsk. Skr.*, n° 20, 1912-2; voir Ch. Pisot, *Comm. Math. Helv.*, 19, 1946, pp. 153-160.

où u'_n est un entier vérifiant une relation de récurrence et η_k ne prend qu'un nombre fini de valeurs. On peut alors montrer que les η_k se reproduisent périodiquement. La série

$$\sum_{n=0}^{\infty}(u'_n+\eta_k)z^n = h\sum_{n=0}^{\infty}a_n z^n$$

représente donc une fraction rationnelle, ce qui démontre le théorème.

Application. — Soit $f(x)$ une fonction analytique développable en série de Dirichlet généralisée $f(x)=\sum_{\nu=0}^{\infty}P_\nu(x)e^{-\lambda_\nu x}$ uniformément convergente pour x réel $\geqq 0$, les $P_\nu(x)$ étant des polynomes et les λ_ν des nombres réels ou complexes à partie réelle bornée inférieurement et à partie imaginaire comprise dans un intervalle de largeur inférieur à 2π et tels qu'aucune valeur d'accumulation des λ_ν n'ait une partie réelle $\leqq 0$. La considération de la série $\sum_{n=0}^{\infty}f(n)z^n$ montre que si $f(n)$ prend (mod 1) un nombre fini de valeurs, la série de Dirichlet n'a qu'un nombre fini de termes et les $e^{-\lambda_\nu}$ correspondants sont des entiers algébriques.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une intégrale curviligne donnant le nombre des zéros et des pôles distincts d'une fonction méromorphe dans un contour fermé.* Note (¹) de M. **Stefan Serghiesco**, transmise par M. Jules Drach.

1. Considérons l'intégrale

$$I=\frac{1}{2\pi}\int_C\frac{A\,dB-B\,dA}{A^2+B^2},$$

où A et B sont les invariants différentiels du réseau $f(x,y)+\lambda\varphi(x,y)=0$, donnés auparavant (²) dans l'étude des racines communes à plusieurs équations. Supposons ici que f et φ sont les parties réelles d'une fonction méromorphe, $F(z)=f+i\varphi$, et le contour C décrit dans le sens direct. Évaluons l'intégrale en utilisant des intégrales curvilignes du domaine réel. Les invariants différentiels ont alors les formes

$$A=f\varphi'_x-\varphi f'_x,\qquad B=ff'_x+\varphi\varphi'_x,$$

et l'intégrale I devient

$$I=\frac{1}{2\pi}\int_C\frac{f\,d\varphi-\varphi\,df}{f^2+\varphi^2}-\frac{1}{2\pi}\int_C\frac{f'_x\,d\varphi'_x-\varphi'_x\,df'_x}{f'^2_x+\varphi'^2_x}=I'-I'',$$

(¹) Séance du 10 février 1947.

(²) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 211; 188, 1929, p. 479.

et l'on peut remplacer C par de petits contours α, β décrits dans le sens direct et entourant les zéros et les pôles de $F(z)$.

Calculons I' pour α, qui entoure par exemple un zéro d'ordre m.

En prenant ce zéro comme origine des axes, les développements de f et φ résultent de la forme $(x+iy)^m.(P+iQ)$, où $P(x, y)=\alpha_0+a_1x+b_1y+\ldots$ et $Q(x, y)=\beta_0+a_2x+b_2y+\ldots$. Si l'on intègre le long d'un cercle de rayon ρ ayant l'origine comme centre, nous aurons un terme indépendant de ρ et une partie dépendant de ρ, partie qui doit s'annuler dans l'intégration, puisque l'intégrale ne dépend pas du contour. Sa valeur sera donc ce que donne le terme indépendant de ρ, qui s'obtiendra en remplaçant f et φ par $f=\rho^m(\alpha_0\cos m\theta-\beta_0\sin m\theta)$ et $\varphi=\rho^m(\alpha_0\sin m\theta+\beta_0\cos m\theta)$; on arrive ainsi pour I' à $\frac{1}{2\pi}\int_\alpha=m$. Évaluons $\frac{1}{2\pi}\int_\beta$ de I', où β entoure par exemple un pôle d'ordre n qui sera pris comme origine des axes.

La fonction

$$\Phi(z)=f_1+i\varphi_1=\frac{1}{f+i\varphi},$$

aura alors l'origine comme un zéro d'ordre n. En remplaçant f et φ dans cette cette intégrale par

$$f=\frac{f_1}{f_1^2+\varphi_1^2} \qquad \text{et} \qquad \varphi=\frac{-\varphi_1}{f_1^2+\varphi_1^2}$$

elle devient $-\frac{1}{2\pi}\int_\beta\frac{f_1\,d\varphi_1-\varphi_1\,df_1}{f_1^2+\varphi_1^2}$ qui, d'après ce qu'on a vu plus haut, se réduit à $-n$.

Quant aux intégrales $(1/2\pi)\int_\alpha$ et $(1/2\pi)\int_\beta$ de I'', nous trouverons, par la même méthode, qu'elles sont égales à $(m-1)$ et à $-(n+1)$. L'intégrale I sera donc égale à $I=\Sigma'(1)+\Sigma''(1)$ où $\Sigma'(1)$ et $\Sigma''(1)$ sont respectivement le nombre des zéros *différents* (chaque zéro étant compté avec le degré *un* de multiplicité) et le nombre des pôles *différents* de la fonction $I(z)$ (chacun regardé comme simple).

Ceci suppose que C ne renferme pas de racines communes à f'_x et φ'_x qui n'annulent pas f et φ. Sinon, il faut ajouter à I'' la partie correspondante, où ces zéros sont comptés avec leur multiplicité.

2. La théorie de Cauchy des intégrales de fonctions de variable complexe, $z=x+iy$, conduit aisément à ce résultat. Il suffit de considérer pour la fonction méromorphe $F(z)$ la différence des intégrales

$$\frac{1}{2i\pi}\int\frac{F'}{F}dz \qquad \text{et} \qquad \frac{1}{2i\pi}\int\frac{F''}{F'}dz.$$

On a, puisqu'un zéro d'ordre m est d'ordre $(m-1)$ pour F' et qu'un pôle d'ordre n est d'ordre $(n+1)$ pour F',

$$I=\frac{1}{2i\pi}\int_C\frac{F'^2-FF''}{FF'}dz=\Sigma'+\Sigma''.$$

C'est le résultat obtenu dans le domaine réel. Mais il faut tenir compte des racines de F' qui n'annulent pas F. Si $F=(g/h)$ où g et h sont holomorphes, $F'=[(hg'-gh')/(h^2)]$ et $hg'-gh'$ peuvent avoir des zéros qui n'annulent pas gh. S'ils sont multiples, ils annulent $g'h''-h'g''=k$.

ESPACES ABSTRAITS. — *Écart partiellement ordonné et uniformité*. Note [1] de M. **Antoine Appert** présentée par M. Paul Montel.

Cette Note fait suite à une Note [2] récente dont nous adoptons la terminologie.

On sait que M. Fréchet [3], à la suite de G. Kurepa [4], a généralisé la notion de distance numérique en introduisant des espaces où l'on fait correspondre à tout couple ordonné (a, b) de points un élément $\delta(a, b)$ d'un ensemble *ordonné* S. En assujettissant l'ensemble S et la fonction $\delta(a, b)$ à des conditions convenables, on obtient des espaces appelés par G. Kurepa [4] espaces pseudo-distanciés, et par M. Fréchet [3] espaces à écart abstrait symétrique et régulier. Mais G. Kurepa n'avait tiré aucune conséquence de sa définition. Par contre M. Fréchet [3] a montré que les espaces à écart abstrait symétrique et régulier, et même les espaces un peu plus généraux appelés par lui espaces à écart abstrait régulier ou espaces écartisés réguliers, jouissent de beaucoup de propriétés des espaces distanciés usuels et ont des propriétés analogues à celles des espaces uniformes de A. Weil [5].

Dans la présente Note nous montrerons que la notion d'écart abstrait $\delta(a, b)$ conserve tout son intérêt et l'essentiel de ses propriétés quand on suppose seulement que S est un ensemble *partiellement ordonné*. Les résultats que nous obtiendrons, apparaîtront comme des conséquences de la théorie des espaces uniformes.

Un ensemble S est dit *partiellement ordonné* si l'on a défini une relation $\lambda<\mu$ qui s'énonce « λ précède μ », qui a lieu ou non pour tous éléments $\lambda\in S$ et $\mu\in S$, et qui vérifie les axiomes o_1 et o_2 suivants : $o_1.[\lambda<\mu$ & $\mu<\lambda]$ *est impossible*; $o_2.[\lambda<\mu$ & $\mu<\nu]\rightarrow[\lambda<\nu]$. Dans tout ensemble partiellement ordonné S la relation $\lambda<\mu$ est incompatible avec la relation $\lambda=\mu$, cette dernière signifiant que λ est identique à μ et s'énonçant « λ égale μ ». Deux éléments $\lambda\in S$ et $\mu\in S$ sont dits *comparables* si l'on a soit $\lambda<\mu$, soit $\lambda=\mu$, soit $\mu<\lambda$; dans le cas contraire λ et μ sont dits *incomparables*. Pour exprimer que l'on a soit $\lambda<\mu$, soit $\lambda=\mu$, on écrira $\lambda\leqq\mu$. Un élément O de S est dit le *premier élément* de S s'il est $\leqq$ tout élément de S; un tel élément de S, s'il existe, est nécessairement unique. Un ensemble S est dit *ordonné* s'il est partiellement ordonné et vérifie l'axiome suivant : o_3. *Deux éléments de* S *sont toujours comparables.*

Soit P un espace quelconque. Supposons que l'on ait associé à P un certain ensemble partiellement ordonné S_P ayant un premier élément. Supposons de plus qu'à tout couple ordonné (a, b) de points $a\in P$ et $b\in P$ on ait fait correspondre un élément bien déterminé $\delta(a, b)\in S_P$. Alors nous disons que l'on a

---

(1) Séance du 3 février 1947.

(2) A. Appert, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 986.

(3) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 337; *Portugaliæ, Math.*, 5, 1, 1946, pp. 1-10.

(4) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1563.

(5) *Sur les espaces à structure uniforme*, Paris, 1937, p. 8.

défini un *écart généralisé* $\delta(a, b)$ dans P. $\delta(a, b)$ s'appellera l'*écart généralisé de a à b*; et S_P se nommera l'*échelle des écarts généralisés dans* P. Soit O le premier élément de S_P, et soit $s_P = S_P - (O)$.

Nous appelons *espace écarté généralisé* tout système constitué par un espace P et par un écart généralisé $\delta(a, b)$ dans P auquel on associe une famille uniformisante généralisée $\mathfrak{U}$ dans P et une topologie généralisée $\mathfrak{T}$ dans P, univoquement définies à partir de $\delta(a, b)$ en imposant les axiomes $\mathcal{E}_0$ et $\mathcal{E}_1$ suivants qui ne restreignent pas la généralité de la fonction $\delta(a, b)$:

$\mathcal{E}_0$. *$\mathfrak{U}$ est la famille de tous les sous-ensembles de* $P \times P$ *dont chacun contient au moins un ensemble de la forme* V_λ = *ensemble des couples* (a, b) *tel que* $a \in P$, $b \in P$, $\delta(a, b) < \lambda$, *avec* $\lambda \in s_P$.

$\mathcal{E}_1$. *Pour tout point* $a \in P$ *et pour tout ensemble* $E \subset P$, *on a*

$$[a \mathfrak{T} E] \rightleftharpoons \begin{bmatrix} \textit{pour tout } \lambda \in s_P, \textit{ il existe } b \in E \\ \textit{tel que } \delta(a, b) < \lambda \end{bmatrix}.$$

On a : $[\mathcal{E}_0 \,\&\, \mathcal{E}_1] \rightarrow u_1$; donc, dans tout espace écarté généralisé, u_1 est vérifié, c'est-à-dire $\mathfrak{T}$ et $\mathfrak{U}$ sont compatibles. Nous appelons *espace écarté* tout espace écarté généralisé vérifiant les axiomes $\mathcal{E}_2^*$, $\mathcal{E}_2^{**}$, $\mathcal{E}_3^*$, $\mathcal{E}_3^{**}$, $\mathcal{E}_4$ et $\mathcal{E}_5^*$ suivants :

$\mathcal{E}_2^*$. *On a* $s_P \neq 0$.

$\mathcal{E}_2^{**}$. *Pour tous* $\lambda \in s_P$ *et* $\mu \in s_P$, *il existe* $\nu \in s_P$ *tel que* $\nu \leqq \lambda$ *et* $\nu \leqq \mu$.

$\mathcal{E}_3^*$. *Pour tous points* $a \in P$ et $b \in P$, *on a* : $[a = b] \rightarrow [\delta(a, b) = O]$.

$\mathcal{E}_3^{**}$. *Pour tous points* $a \in P$ et $b \in P$, *on a* : $[\delta(a, b) = O] \rightarrow [a = b]$,

$\mathcal{E}_4$. *Pour tout* $\lambda \in s_P$, *il existe* $\mu \in s_P$ *tel que pour tous points* $a \in P$ *et* $b \in P$ *on ait* : $[\delta(a, b) < \mu] \rightarrow [\delta(b, a) < \lambda]$.

$\mathcal{E}_5^*$. *Pour tout* $\lambda \in s_P$, *il existe* $\mu \in s_P$ *et* $\nu \in s_P$ *tels que pour tous points* $a \in P$, $b \in P$ *et* $c \in P$ *on ait* : $[\delta(a, c) < \mu \,\&\, \delta(c, b) < \nu] \rightarrow [\delta(a, b) < \lambda]$.

Dans tout espace écarté généralisé, on a : $\mathcal{E}_2^* \rightarrow u_2^*$; $\mathcal{E}_2^{**} \rightarrow u_2^{**}$; $\mathcal{E}_3^* \rightarrow u_3^*$; $[\mathcal{E}_3^* \,\&\, \mathcal{E}_3^{**}] \rightarrow u_3$; $\mathcal{E}_4 \rightarrow u_4$; $\mathcal{E}_5^* \rightarrow u_5^*$. Par conséquent :

5. *Tout espace écarté est un espace uniforme et est donc complètement régulier.*

En n'imposant qu'une partie des axiomes $\mathcal{E}$ ci-dessus, on obtient toute une gamme d'espaces intermédiaires entre les espaces écartés généralisés et les espaces écartés. Cette gamme est en correspondance biunivoque avec la gamme des espaces uniformes généralisés définis dans notre Note précédente ([2]), chaque espace de la première gamme étant un cas particulier de l'espace correspondant de la deuxième gamme et jouissant donc de toutes les propriétés de ce dernier espace.

Quand on associe, ce qui est toujours possible et ceci d'une seule manière, à un « espace écartisé régulier » de M. Fréchet ([3]), une famille $\mathfrak{U}$ en imposant l'axiome $\mathcal{E}_0$, *on obtient un cas particulier de nos espaces écartés, et donc un espace uniforme particulier*. Ceci explique que M. Fréchet ([3]) ait obtenu pour ses « espaces écartisés réguliers » des propriétés analogues à celles des espaces uniformes. Quand on veut formuler dans les espaces écartés, ou même dans les

espaces écartés généralisés, les diverses définitions classiques admises dans les espaces uniformes, il y a intérêt à exprimer directement ces définitions au moyen de $\delta(a, b)$, ce qu'il est facile de faire en utilisant l'axiome $\mathcal{E}_0$. On retrouve ainsi, dans quelques cas du moins mais pas toujours, des définitions de M. Fréchet [3]; en particulier on retrouve ainsi sa définition de la continuité uniforme [3] dans les espaces écartisés réguliers.

Remarquons encore que $[\mathcal{E}_2^{**} \;\&\; \mathcal{E}_5^{*}] \rightarrow$ l'axiome $\mathcal{E}_5$ suivant :

$\mathcal{E}_5$. *Pour tout* $\lambda \in s_P$, *il existe* $\mu \in s_P$ *tel que pour tous points* $a \in P$, $b \in P$ *et* $c \in P$ *on ait* : $[\delta(a, c) < \mu \;\&\; \delta(c, b) < \mu] \rightarrow [\delta(a, b) < \lambda]$.

On a évidemment : $\mathcal{E}_5 \rightarrow \mathcal{E}_5^{*}$. Dans tout espace écarté généralisé, on a : $\mathcal{E}_5 \rightarrow u_5$.

TOPOLOGIE. — *Sur les sections d'un champ d'éléments de contact dans une variété différentiable.* Note de M. **Charles Ehresmann**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit Φ un champ d'éléments de contact de dimension $n-p$ dans une variété différentiable [1] V_n de dimension n. Étant donnée une variété différentiable V_p, nous dirons qu'une application différentiable f de V_p dans V_n définit une section de Φ lorsque f est partout de rang p et applique l'espace vectoriel tangent en $x \in V_p$ sur un élément de contact en $f(x)$ qui coupe l'élément du champ Φ au seul point $f(x)$.

Théorème 1. — *Soit* (V_p, f) *une section de* Φ. *Si* V_p *est compact orientable et si l'image par* f *du cycle de base de dimension* p *a un multiple entier homologue à* 0 *dans* V_n, *la caractéristique d'Euler-Poincaré de* V_p *est nulle.*

Dans une conférence faite au colloque de Topologie à Strasbourg le 4 mai 1946, j'ai indiqué une démonstration de ce théorème en supposant V_n plongée dans un espace numérique, ce qui est toujours possible d'après H. Whitney, et en utilisant les raisonnements de deux Notes antérieures [2]. Je vais montrer que c'est aussi une conséquence de la théorie des classes caractéristiques de Stiefel-Whitney [3].

Soient E un espace fibré, B l'espace de base, F la fibre, G le groupe de structure, p la projection de E sur B. Supposons vérifiées les deux conditions suivantes : *a*. Les groupes d'homotopie $\pi_i(F)$ sont nuls pour les dimensions $i < r$ et de plus F est r-simple [4]. *b*. A tout élément du groupe d'homotopie $\pi_r(F_x)$, où $F_x = \overset{-1}{p}(x)$, $x \in B$, correspond par continuité un élément déterminé de $\pi_r(F)$; c'est-à-dire l'espace fibré de fibre $\pi_r(F)$, qui est *associé* [5]

(1) J'écrirai différentiable au lieu de continûment différentiable.

(2) C. Ehresmann et G. Reeb, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 995; G. Reeb, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 237, th. I.

(3) H. Whitney, *Lectures in Topology*, p. 119 (*Ann. Arbor*, 1941).

(4) S. Eilenberg, *Lectures in Topology*, p. 63 (*Ann. Arbor*, 1941).

(5) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 762.

à E lorsqu'on considère G comme groupe d'opérateurs sur $\pi_r(F)$, est l'espace produit $B \times \pi_r(F)$. B étant supposé un complexe, la recherche d'une section de l'espace fibré E conduit à la définition d'une classe de cohomologie caractéristique W_{r+1} de B relativement à E, à coefficients éléments de $\pi_r(F)$.

Soit f une application continue d'un complexe A dans B. Le sous-espace de $A \times E$, formé des couples (x, z) tels que $p(z) = f(x)$, est un espace fibré E_f dont la fibre est toujours F et le groupe de structure G, tandis que son espace de base est A. On voit qu'à W_{r+1} correspond par f la classe caractéristique $\overline{W}_{r+1}$ de A relativement à E_f.

Application. — $B = V_n$. E est l'espace fibré dont chaque élément est une classe de vecteurs tangents en x à V_n modulo l'espace vectoriel définissant l'élément du champ Φ en x, la classe des vecteurs contenus dans cet élément étant exclue; F est l'espace numérique R^p moins l'origine; G est le groupe linéaire homogène dans R^p; f définit la section (V_p, f) du champ Φ; E_f est équivalent à l'espace $V_p^{(1)}$ des vecteurs non nuls tangents à V_p. E satisfait à la condition (a) pour $r = p - 1$. Supposons vérifiée la condition (b). La classe caractéristique W_p de V_n relativement à E correspond par f à la classe caractéristique $\overline{W}_p$ de V_p relativement à $V_p^{(1)}$. Soit Γ_p la classe d'homologie de base de V_p. On a $< \overline{W}_p, \Gamma_p > = < W_p, f(\Gamma_p) >$, où $< C_p, \Gamma_p >$ désigne le produit intérieur. Or $< \overline{W}_p, \Gamma_p >$ est la caractéristique d'Euler-Poincaré $\chi(V_p)$, d'où le théorème 1. Si la condition (b) n'est pas vérifiée, on remplace V_n par un certain revêtement à deux feuillets pour lequel elle sera vérifiée et l'on obtient le même résultat.

Corollaire. — *Si V_n satisfait à la condition (b), soit V_p une variété compacte non orientable telle qu'il existe une section (V_p, f) de Φ; alors $\chi(V_p) = 0$.*

Remplaçons E par l'espace fibré associé $E^{(p-r)}$ formé par les systèmes de $p - r$ vecteurs indépendants appartenant à une fibre de E. $V_p^{(1)}$ sera remplacé par $V_p^{(p-r)}$, espace des systèmes de $p - r$ vecteurs indépendants tangents à V_p. Si la condition (b) est vérifiée, V_n a une classe caractéristique W_{r+1} relativement à $E^{(p-r)}$, qui correspond par f à la classe $\overline{W}_{r+1}$ de Stiefel-Whitney de V_p. On a la formule fondamentale

$$(1) \qquad < \overline{W}_{r+1}, \Gamma_{r+1} > = < W_{r+1}, f(\Gamma_{r+1}) >$$

pour toute classe d'homologie Γ_{r+1} de V_p. Si $r = p - 1$ ou $r < p - 1$ et r pair, les classes caractéristiques sont à coefficients entiers, dans le cas contraire à coefficients entiers modulo 2. Énonçons seulement la conséquence suivante de la formule (1) :

Théorème 2. — *Soit (V_p, f) une section du champ Φ. Supposons la condition (b) vérifiée pour $E^{(p-r)}$. Si le groupe de cohomologie de V_n, pour la dimension $r+1$ et le domaine de coefficients convenable, est nul, la classe $\overline{W}_{r+1}$ de V_p est nulle. Par exemple, si V_n est la sphère S_n, toutes les classes caractéristiques de V_p sont nulles.*

Remarque. — Un champ Φ dans V_n n'admet pas toujours une section compacte.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Oscillations d'un liquide pesant et visqueux dans un tube en U de faible diamètre* (I. *Étude théorique*). *Paramètre de similitude. Critère de transition.* Note [1] de M. **Jacques Valensi**, présentée par M. Joseph Pérès.

Le problème des oscillations forcées d'un fluide réel en régime laminaire a été traité théoriquement et expérimentalement par de nombreux auteurs, notamment Stokes [2], Lord Rayleigh [3], Lamb [4], Grace [5], Richardson et Tyler [6], Carrière [7]; cependant aucun auteur ne semble avoir jusqu'ici songé à étudier théoriquement des oscillations propres, c'est-à-dire amorties, d'un fluide visqueux en écoulement laminaire.

Le cas d'une colonne oscillante d'un fluide visqueux et pesant dans un tube en U de section circulaire et de faible rayon, se traite très aisément.

Avec l'axe des Z vertical dirigé vers le bas, l'origine étant prise dans le plan horizontal des ménisques à la position d'équilibre, et des coordonnées polaires dans le plan de section droite de l'une des branches verticales de l'U, la solution générale prend la forme (1)

$$(1)\qquad \begin{cases} z = -a_1 e^{-\lambda t}(\cos\omega t)\, J_0\left(R\sqrt{\dfrac{2\lambda}{\nu}}\,\xi\right) \\ v = a_1 e^{-\lambda t}(\lambda\cos\omega t + \omega\sin\omega t)\, J_0\left(R\sqrt{\dfrac{2\lambda}{\nu}}\,\xi\right), \end{cases}$$

en négligeant l'influence de la capillarité sur la forme des ménisques, ainsi que les phénomènes secondaires dans les coudes.

z désigne l'élongation, v la vitesse, à la distance r de l'axe; — a_1 l'élongation initiale sur l'axe, R le rayon des branches de l'U, $\xi = r/R$, ν coefficient de viscosité cinématique du liquide, λ décrément logarithmique rapporté à l'unité de temps, ω pulsation de l'oscillation.

L'argument $R\sqrt{2\lambda/\nu}$ a nécessairement dans les expressions (1), la valeur 2,405, valeur numérique correspondant au premier zéro de la fonction J_0 de Bessel, condition qui assure la nullité de la vitesse à la paroi; λ et ω satisfont en outre la relation $\lambda^2 + \omega^2 = \omega_p^2$ avec $\omega_p^2 = 2g/l$, où g désigne l'accélération due à la pesanteur et l la longueur moyenne de la colonne fluide. ω_p est la pulsation qu'aurait la colonne si le fluide était parfait.

D'autre part, l'équation différentielle du mouvement moyen (dans la section

(1) Séance du 10 février 1947.
(2) *Math. Phys. papers*, 3, 1901, pp. 1-141.
(3) *Scientific papers*, 1, pp. 474-485; 3, 1899, pp. 16-23.
(4) *Hydrodynamics*, § 345, 1907.
(5) *Philos. Mag.*, 7e série, 5, 1928, pp. 933-939.
(6) *Proc. Phys. Soc. London*, 42, 1929, pp. 1-15.
(7) *Journal de Physique*, 6, n° 10, 1929, pp. 198-208.

droite) s'écrit (3)

$$\frac{d^2 z}{dt^2} + \frac{f}{\pi R^2 \rho}\frac{dz}{dt} + \frac{2g}{l}z = 0, \tag{3}$$

f étant un coefficient de frottement interne, et ρ la masse spécifique du fluide.

Les relations (I) entraînent pour f la valeur $5,784\,\pi\mu$, μ étant le coefficient de viscosité absolue du fluide.

Les rapports λ/ω_p et ω/ω_p prennent la forme

$$\left\{\begin{aligned} \frac{\lambda}{\omega_p} &= 2,892\left(\frac{R^2\omega_p}{\nu}\right)^{-1},\\ \frac{\omega}{\omega_p} &= \left(\frac{R^2\omega_p}{\nu}\right)^{-1}\left(\left(\frac{R^2\omega_p}{\nu}\right)^2 - 8,3636\right)^{\frac{1}{2}}, \end{aligned}\right. \tag{4}$$

où apparaît le paramètre $R^2\omega_p/\nu$, qui, ainsi qu'il le sera montré dans une prochaine Note, est le paramètre de similitude dans le mouvement oscillatoire d'un fluide visqueux.

La forme de $\zeta = J_0[R\sqrt{(2\lambda/\nu)}\xi]$ avec (2), $R\sqrt{(2\lambda/\nu)} = 2,405$, pour ξ variant de 0 à 1 donne à une transformation affine près, la forme du profil de la vitesse instantanée, dans le mouvement oscillatoire laminaire.

Si l'on prend à la place de la condition (2), la condition (5), $R\sqrt{(2\lambda/\nu)} = 5,52$ où 5,52 représente la valeur numérique de l'argument de J_0 correspondant au deuxième zéro, le profil de la vitesse instantanée prend une forme qui correspond à une configuration de l'écoulement, physiquement impossible. Pour une telle valeur de l'argument, qui correspond à des valeurs de $R^2\omega_p/\nu$ données par l'expérience [(5) peut en effet s'écrire $R^2\omega_p/\nu[1-(\omega^2/\omega_p^2)]^{1/2} = 15,235$], l'écoulement est forcément turbulent.

Il existe un régime critique théorique, caractérisé par $R\sqrt{(2\lambda/\nu)} = 3,832$, valeur de l'argument du premier minimum de J_0, et l'on voit que théoriquement lorsque $R^2\omega_p/\nu$ croît, l'écoulement passe d'une façon discontinue de la forme laminaire stable à la forme critique théorique, puis à la forme turbulente stable.

Dans le cas théorique du mouvement oscillatoire plan et laminaire (entre deux plans parallèles rapprochés) d'un fluide visqueux et pesant, la solution générale prend la forme

$$\left\{\begin{aligned} z &= -a_1 e^{-\lambda t}(\cos\omega t)\cos\left[h\sqrt{\frac{2\lambda}{\nu}}\left(\frac{x}{h} - \frac{1}{2}\right)\right],\\ v &= a_1 e^{-\lambda t}(\lambda\cos\omega t + \omega\sin\omega t)\cos\left[h\sqrt{\frac{2\lambda}{\nu}}\left(\frac{x}{h} - \frac{1}{2}\right)\right], \end{aligned}\right. \tag{6}$$

où h désigne la distance des deux plans, et avec la condition nécessaire

$$h\sqrt{\frac{2\lambda}{\nu}} = \pi.$$

Le paramètre de similitude prend dans ce cas la forme $(h^2\omega_p/\nu)$.

La couche limite laminaire étant, même en l'absence de gradient de pression, comme l'ont montré les recherches récentes de Schubauer et Skramstad [8], le siège de mouvements oscillatoires longitudinaux, dans les conditions de la transition, l'étude précédente montre que la transition est provoquée par la tendance à l'établissement d'un profil de vitesse inadmissible.

Le critère de transition doit avoir dans ce dernier cas une forme analogue au paramètre de similitude mis plus haut en évidence, pour la première fois.

GÉODÉSIE. — *Contribution à l'établissement d'un réseau de bases gravimétriques.* Note [1] de M. **Jean Lagrula**, présentée par M. Pierre Lejay.

Lors de sa séance inaugurale, tenue à Paris en décembre dernier, la Section de Pesanteur du Comité national de Géodésie et Géophysique a pris la décision de mettre au point la coordination des nombreux résultats gravimétriques obtenus par l'emploi des pendules Holweck-Lejay. La présente Note est une première contribution à l'établissement d'un réseau de bases. Elle concerne des stations dont la plupart ont déjà fait l'objet de publications ; mais, outre que les résultats sont épars, certains d'entre eux ont été modifiés par suite des progrès réalisés dans l'étalonnage de l'instrument utilisé (gravimètre Holweck-Lejay de l'Observatoire d'Alger) et dans la détermination des corrections de température.

Ces stations étaient destinées à fixer la valeur de la constante k, qui permet de déduire les variations de g des variations de période de ce pendule; les résultats antérieurs concernant l'Afrique du Nord, ceux de Defforges, ne fournissaient pas, en effet, pour cette constante, une valeur en accord satisfaisant avec celle que l'on pouvait déduire des stations Paris et Marseille. J'ai alors cherché à assurer l'étalonnage en occupant des stations de référence nombreuses, modernes et indépendantes, et en adoptant, comme valeur de k, celle qui réduit au minimum l'écart moyen avec les valeurs de g des autres observateurs. Il est difficile d'évaluer le poids qu'il faut attribuer à chaque mesure de contrôle, car ce poids dépend à la fois de l'intervalle Δg compté à partir de la station origine et de la précision de la valeur de comparaison. Les résultats de Defforges, aussi bien en France qu'en Algérie, ont comporté des écarts considérables dépassant 10 milligals. Je les ai complètement laissés de côté. Les autres déterminations forment un ensemble cohérent. Les trois stations Toulon, Barcelone et Ber Rechid, dont le poids

---

[8] *Laminar boundary layer oscillations and transition on a flat plate* [*N. A. C. A., A. C. R.* (declassified), avril 1945].

[1] Séance du 10 février 1947.

est prépondérant, suffisent à assurer l'étalonnage. Elles fournissent trois déterminations indépendantes dont la cohérence est meilleure que la précision des mesures. Les autres stations pourront intervenir dans un perfectionnement ultérieur, d'importance probablement négligeable en France et même en Afrique du Nord. En tous cas elles constituent des bases gravimétriques, et les résultats ci-après peuvent être pris en considération dans le calcul des valeurs de g les plus probables.

En ce qui concerne Palma (île de Majorque), la valeur de comparaison n'est pas indépendante de celle de Toulon. Les valeurs de comparaison pour Breteuil, Lyon, Marseille et Nice proviennent de mesures effectuées au moyen d'autres gravimètres Holweck-Lejay. Elles ne sont peut-être ni définitives, ni indépendantes. Pour les autres stations les valeurs de comparaison ou bien n'existent pas encore, ou bien sont l'objet d'une étude d'ensemble qui pourra faire état des présents résultats.

Les bases de l'Afrique française, au nombre actuel de 29, dont la liste a été communiquée au Comité national de Géodésie, ne sont pour le moment que des bases secondaires : stations que j'ai occupées au moins deux fois. Une liste de bases primordiales sera publiée après l'achèvement des liaisons en cours avec les réseaux du Service hydrographique de la Marine et de l'Institut scientifique chérifien. Les bases Agadir et Tessaoua (A. O. F.), Kano (Nigéria) et Fort-Lamy (A. E. F.) pourront servir à des liaisons avec les réseaux coloniaux français et anglais, liaisons d'autant plus désirables que le domaine d'étalonnage du gravimètre s'est trouvé dans ces régions fortement extrapolé.

Remarques. — 1. Les demi-milligals ne doivent pas faire illusion. La précision des résultats, qui dépend du pilier utilisé, des conditions d'observation (température, mouvements du sol) et de la capricieuse dérive instrumentale, est de 1 à 2 milligals dans les cas les plus favorables. A moins d'employer des instruments de prospection détaillée, qui se prêtent d'ailleurs assez mal à cette tâche, ce n'est que par la répétition des contrôles aux stations-bases qu'on pourra y fixer les valeurs de g à quelques dixièmes de milligal près.

2. Ces valeurs ne représentent rien d'autre que des variations Δg à partir d'une station-origine, en l'occurence Paris-Observatoire ($g = 980,944$).

3. La liaison Paris-Alger a été réalisée 3 fois aller et retour. Les stations Lyon et Marseille ont été occupées respectivement 3 et 4 fois.

4. J'ai ajouté respectivement 1 et 0,5 milligal à mes résultats de Ber-Rechid et Toulon, pour tenir compte des différences d'altitude (4 et 2^m) avec les stations de comparaison. A Palma, la différence étant de 22^m, l'écart est compté sur l'anomalie de Bouguer.

5. La description des stations a été communiquée au Comité national de Géodésie.

Station.	g.	Autre valeur de g.	Observateur.	Remarques.
Toulon	980,4955	980,465	Vening Meinesz	Étalonnage.
Barcelone	– 240	– 240	Sans Huelin	Étalonnage.
Ber-Rechid	979,563	979,563	Reignier	Étalonnage.
Palma	980,190	980,192	Marti	Écart de 2 milligals sur les anomalies de Bouguer.
Breteuil	– 943	– 943	Holweck	
Lyon	– 6185	– 619	Holweck	
Marseille	– 4835	– 485	Goudey	
Nice	– 4405	– 443 – 441	Goudey Lejay	
Besançon	– 7545			
Chambon-la-Forêt	– 8555			
Toulouse	– 446			Mauvaises conditions. A contrôler.
Castelnaudary	– 393			
Port-Vendres	– 443			Médiocre.
Narbonne	– 466			
Agde	– 487			
Montpellier	– 498			
Arles	– 530			
Combloux	– 386			
Alger-Bouzaréa	979,921			

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *L'emploi des couleurs en cartographie.* Note (¹) de M. **Henri Gaussen**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

On n'a pas suffisamment reconnu en cartographie que la couleur présente le grand avantage de permettre la représentation synthétique de plusieurs actions simultanées, chacune étant affectée d'une couleur élémentaire. Il est utile d'indiquer quelques principes qui ont fait leurs preuves en ces matières.

1° *Cartes représentant une seule donnée.* — Pour indiquer les divers stades d'une quantité croissante, il est de tradition de foncer de plus en plus la couleur. Par exemple, beaucoup de cartes de pluviosité utilisent la couleur bleue et les diverses tranches de pluviosité croissantes sont représentées par des bleus de plus en plus foncés. L'absence de pluie sera représentée par du blanc; la pluie maxima comportera du bleu en teinte plate. Si l'on représente la densité de population par une seule couleur, le désert sera blanc, le maximum sera en teinte plate, les intermédiaires par des grisés de la même teinte.

Quand on cartographie un phénomène biologique, la question se complique

(¹) Séance du 10 février 1947.

si l'on veut obtenir une image expressive. Pour la pluie, par exemple, une pluviosité moyenne n'a pas grande influence biologique, alors que la grande sécheresse a une action biologique énergique. On pourra alors employer deux couleurs : l'une représentant les sécheresses croissantes à partir de l'humidité moyenne, l'autre les pluviosités croissantes à partir de la valeur moyenne. On trouvera naturel de prendre des bleus pour les fortes précipitations et des jaunes ou orangés pour les faibles.

On connaît la *Loi du minimum* : quand un facteur écologique devient minimum, son rôle devient primordial (par exemple, quand l'humidité est presque nulle, elle a une importance biologique essentielle). Il est logique de mettre alors des couleurs vives pour le représenter : la sécheresse sera ici indiquée par des orangés violents, donc bien visibles, alors que dans l'échelle unique, des blancs ou des bleus très clairs se différencieraient peu les uns des autres.

Si, au lieu de deux couleurs, on en utilise davantage, l'emploi des couleurs dans l'ordre de celles de l'arc-en-ciel présente de grands avantages. En effet, les deux couleurs extrêmes : rouge, violet sont vives; les couleurs moyennes : jaune, vert sont plus claires et l'on peut entre elles intercaler du blanc, si on le désire. Un autre grand avantage est que, dans l'arc-en-ciel, chaque couleur est intermédiaire entre les deux couleurs qui l'encadrent; la succession est donc la meilleure pour représenter un phénomène régulièrement croissant ou décroissant.

En résumé : A. Si la représentation du minimum par du blanc est souhaitable, deux cas sont possibles : 1° si l'on ne dispose que d'une couleur, on la foncera de plus en plus; 2° si l'on dispose de plusieurs couleurs, on les prendra dans une des moitiés du spectre, par exemple : blanc, vert clair, vert, bleu, indigo, violet, ou blanc, jaune, orangé, rouge ou encore blanc, bleu clair, bleu, indigo, violet, en supprimant le vert.

B. Si la représentation du minimum par une couleur vive est souhaitable, et c'est le cas des phénomènes biologiques, il faut au moins deux couleurs. Deux cas sont possibles : 1° si l'on ne dispose que de deux couleurs, on pourra les choisir arbitrairement. Le minimum sera la teinte plate de l'une d'elles qui se dégradera jusqu'au blanc pour la valeur moyenne, puis l'autre se foncera de plus en plus jusqu'à la teinte plate représentant la valeur maxima; 2° Si l'on dispose de plus de deux couleurs, on se rapprochera de la succession de l'arc-en-ciel, le minimum et le maximum étant représentés par des couleurs prises dans les deux moitiés de l'arc-en-ciel, et la valeur moyenne par du blanc ou par un vert clair.

2° *Cartes synthétiques*. — Pour représenter des conditions complexes résultant de la superposition d'un certain nombre d'actions élémentaires, on peut utiliser la méthode dite synthétique en superposant sur la même carte les représentations colorées des divers facteurs. Par exemple, la représentation de la végétation peut être conçue comme résultant de la superposition des cartes des divers facteurs qui la régissent.

En 1926, j'ai donné un premier exemple de l'intérêt de cette méthode qui

dépasse largement le cadre de la simple cartographie. C'est une véritable méthode analytique permettant de connaître l'importance d'un facteur. Les travaux récents de Curé ont montré l'application de cette méthode aux facteurs qui régissent fondamentalement la végétation du globe et qui sont, à l'échelle d'un continent : température, pluviosité, existence de saisons, étésianité.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Les trièdres non-commutatifs non-holonomes en cinématique opératorielle.* Note [1] de M. **Michel Cazin** et Mlle **Jeannine Viard.**

1. Dans une précédente Note l'un de nous [2] a défini un calcul vectoriel gauche nécessaire pour l'étude des mouvements relatifs en mécanique ondulatoire. Si l'on considère des repères T en mouvement relatif par rapport au trièdre fondamental T_f trois catégories sont à distinguer :

1° *Les repères commutatifs*, ce sont ceux dont le mouvement par rapport au repère fondamental T_f ne dépend pas d'opérateurs associés aux grandeurs attachées aux corpuscules;

2° *les repères non-commutatifs holonomes*, c'est-à-dire les repères dont le mouvement par rapport au trièdre fondamental est défini en fonction des opérateurs attachés aux grandeurs coordonnées des corpuscules;

3° *les repères non-commutatifs non-holonomes*, qui sont ceux dont le mouvement par rapport au repère fondamental dépend non seulement des opérateurs attachés aux coordonnées des corpuscules, mais aussi des opérateurs associés aux vitesses de ces corpuscules. Dans ces repères, si $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ sont les vecteurs unitaires, on n'a pas en général $\vec{i}\wedge\vec{j}$ égal à $\vec{k}$ ni à $-\vec{j}\wedge\vec{i}$.

2. L'introduction de ces repères non-commutatifs non-holonomes conduit à considérer pour les coordonnées relatives d'un corpuscule des composantes droites et gauches qui ne s'introduisaient pas lorsqu'on se bornait à envisager des trièdres non-commutatifs holonomes.

Si O_1 représente l'origine du repère en mouvement et M_i un corpuscule quelconque, le vecteur $\overrightarrow{O_1M_i}$ peut s'écrire sous l'une des deux formes suivantes

$$\overrightarrow{O_1M_i} = x_{d,i}\vec{i} + y_{d,i}\vec{j} + z_{d,i}\vec{k} = \vec{i}x_{g,i} + \vec{j}y_{g,i} + \vec{k}z_{g,i}.$$

Ceci conduit à poser les définitions suivantes :

Nous appellerons *vitesse relative droite* et *vitesse relative gauche* de M_i par rapport au trièdre T en mouvement quantique quelconque, les vecteurs

$$\vec{V}_{r,d,i} = x'_{d,i}\vec{i} + y'_{d,i}\vec{j} + z'_{d,i}\vec{k}; \qquad \vec{V}_{r,gi} = \vec{i}x'_{g,i} + \vec{j}y'_{g,i} + \vec{k}z'_{g,i}.$$

Nous appellerons *vitesse d'entraînement droite* et *vitesse d'entraînement gauche*

(1) Séance du 10 février 1947.
(2) Michel Cazin, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 992.

de M_i dans le mouvement de T par rapport à T_f les vecteurs

$$\vec{V}_{e,d,i} = \overrightarrow{OO'_1} + x_{d,i}\vec{i}' + y_{d,i}\vec{j}' + z_{d,i}\vec{k}'; \qquad \vec{V}_{e,g,i} = \overrightarrow{OO'_1} + \vec{i}'x_{g,i} + \vec{j}'y_{g,i} + \vec{k}'z_{g,i}.$$

Nous appellerons *accélération relative droite* et *accélération relative gauche* de M_i par rapport au trièdre T, les vecteurs

$$\vec{\Gamma}_{r,d,i} = x''_{d,i}\vec{i} + y''_{d,i}\vec{j} + z''_{d,i}\vec{k}; \qquad \vec{\Gamma}_{r,g,i} = \vec{i}x''_{g,i} + \vec{j}y''_{g,i} + \vec{k}z''_{g,i}.$$

Nous appellerons *accélération d'entraînement droite* et *accélération d'entraînement gauche*, les vecteurs

$$\vec{\Gamma}_{e,d,i} = \overrightarrow{OO''_1} + x_{d,i}\vec{i}'' + y_{d,i}\vec{j}'' + z_{d,i}\vec{k}''; \qquad \vec{\Gamma}_{r,d,i} = \overrightarrow{OO''_1} + \vec{i}''x_{g,i} + \vec{j}''y_{g,i} + \vec{k}''z_{g,i}.$$

Nous appellerons *accélération de Coriolis droite* et *accélération de Coriolis gauche*, les vecteurs

$$\vec{\Gamma}_{c,g,i} = 2\left[p_d\left(\vec{j}z'_{g,i} - \vec{k}y'_{g,i}\right) + q_d\left(\vec{k}x'_{g,i} - \vec{i}z'_{g,i}\right) + r_d\left(\vec{i}y'_{g,i} - \vec{j}x'_{g,i}\right)\right]$$
$$\vec{\Gamma}_{c,d,i} = 2\left[\left(y'_{d,i}\vec{k} - z'_{d,i}\vec{j}\right)p_g + \left(z'_{d,i}\vec{i} - x'_{d,i}\vec{k}\right)q_g + \left(x'_{d,i}\vec{j} - y'_{d,i}\vec{i}\right)r_g\right].$$

Mais ici il n'apparaît plus de produit vectoriel.

Nous appellerons *accélération quantique droite* et *accélération quantique gauche*, les vecteurs

$$\Gamma_{Q,d,i} = 2\,\mathop{S}_{xyz}\left[x'_{d,i}\sum_{\lambda}\vec{u_\lambda}\beta^{\lambda}_{g_i}\right]; \qquad \vec{\Gamma}_{Q,g,i} = 2\,\mathop{S}_{xyz}\left[\left(\sum_{\lambda}\beta^{\lambda}_{d_i}\vec{u_\lambda}\right)x'_{g,i}\right].$$

Les théorèmes de composition des mouvements donnés ([3]) pour les vitesses et les accélérations dans le cas des trièdres non-commutatifs holonomes sont encore valables dans le cas plus général des trièdres non-holonomes à condition de prendre pour les vitesses et les accélérations les expressions ci-dessus.

3. Toutes les considérations précédentes peuvent être développées en théorie générale des prévisions (sans relativité) sans que la forme analytique des opérateurs associés aux grandeurs physiques ait été fixée; il suffit de supposer que ces opérateurs existent. On peut, toujours sans fixer les formes des opérateurs, définir en théorie générale le moment cinétique d'un corpuscule. Mais à la grandeur classique moment cinétique on est conduit à associer deux opérateurs vectoriels : un opérateur moment cinétique droit et un opérateur moment cinétique gauche, le premier de composantes

$$\sigma_{d,12} = m(x_d y'_g - y_d x'_g); \qquad \sigma_{d,23} = m(y_d z'_g - z_d y'_g); \qquad \sigma_{d,31} = m(z_d x'_g - x_d z'_g),$$

le deuxième de composantes

$$\sigma_{g,21} = -m(x'_d y_g - y'_d x_g); \qquad \sigma_{g,23} = -m(y'_d z_g - z'_d y_g); \qquad \sigma_{g,13} = -m(z'_d x_g - x'_d z_g).$$

Ceci pour des composantes rapportées à un système de base orthonormé.

([3]) MICHEL CAZIN, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1207.

Pour un système de corpuscules on peut, toujours en théorie générale, définir un tenseur d'inertie généralisé, tenseur du second ordre qui a pour coordonnées

$$I_{jk} = \sum_i m_i x_i^j x_i^k.$$

Pour ce tenseur d'inertie généralisé on établit facilement le correspondant du théorème de König classique pour le tenseur d'inertie, d'où le théorème suivant :

Théorème. — *Le tenseur d'inertie d'un système par rapport à un point quelconque est égal au tenseur d'inertie par rapport au centre de gravité augmenté du tenseur d'inertie qu'aurait la masse totale du système située au centre de gravité, par rapport au point considéré.*

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'existence de microélectrons.* Note de M. **Antonio Gião**.

L'existence de microélectrons, c'est-à-dire de particules élémentaires dont la masse propre, la charge et le spin sont plus petits que la masse propre, la charge et spin des électrons, est une des conséquences les plus importantes de la théorie cosmologique que je m'efforce de développer en vue d'une synthèse de la Relativité générale et de la Mécanique ondulatoire (*Portugaliæ Physica*, vol. 2, fasc. 1, 1946, p. 1-98, et *Portugaliæ Mathematica*, vol. 5, fasc. 3, 1946, p. 145-194). D'après cette théorie, le spectre des masses propres $[(m_0)_n]$ et des charges (e_n) des particules élémentaires de l'Univers est donné par les formules

$$(m_0)_n = \left(\frac{2\pi c}{h}(m_0)_e^2\right)\frac{1}{n^4\sqrt{\alpha_n}}, \qquad e_n = \left(\frac{e^2}{h}\sqrt{\frac{(m_0)_e}{a}}\right)\frac{1}{n^4\sqrt{\beta_n}},$$

$(m_0)_e$ et e étant la masse propre et la charge de l'électron, a une constante numérique qui ne dépend que du nombre de protons et de neutrons de l'Univers au début de sa phase en expansion, et enfin α_n et β_n les valeurs propres $(n = 1, 2, \ldots, \infty)$ des opérateurs laplaciens attachés respectivement aux formes métriques *interne* et *externe* de l'espace-temps. Les électrons habituels correspondent à $n = 1$, et pour $n > 1$ on a une série de *microélectrons*. Pour les microélectrons les plus lourds et les plus chargés $(n = 2)$, on a les valeurs

$$(m_0)_2 = \frac{(m_0)_e}{32}; \qquad e_2 = \frac{e}{32}.$$

On peut indiquer, *a priori*, quelques phénomènes où les microélectrons, au moins pour $n = 2$, doivent se manifester. L'un de ces phénomènes est l'émission β continue des substances radioactives. En effet, comme il ne peut y avoir, d'après notre théorie, des particules élémentaires *neutres* et de masse propre *inférieure* à celle des électrons, le neutrino, qu'il est nécessaire d'envi-

sager dans ces phénomènes pour assurer la conservation de l'énergie, doit être, en réalité, une paire de particules électrisées, de signes contraires, et possédant une masse considérablement inférieure à celle de l'électron. Ce sont là des caractéristiques des microélectrons, de sorte qu'on peut envisager le schéma suivant pour le phénomène de l'émission β continue. Supposons qu'un neutron N nucléaire en se transformant en un proton P^+ libère un électron (e^-) et un rayonnement γ de fréquence ν suivant le schéma $N \rightarrow P^+ + e^- + h\nu$. A cette transformation correspond, pour le nucléon, le passage d'un état d'énergie E_0 à des états E_f, et l'on peut admettre que les E_f forment un spectre continu tel que $(E_f)_{max} - (E_f)_{min}$, soit de l'ordre de 30000 ou 40000 électrons-volts. A son tour, le rayonnement γ, par le processus bien connu de la matérialisation de photons, produit des paires de corpuscules électrisés, que nous admettons être des microélectrons, dans le phénomène qui nous occupe.

On a donc $h\nu \rightarrow e_2^- + e_2^+$ en négligeant naturellement les microélectrons pour $n > 2$ dont l'influence ne se fait presque pas sentir ici. Le résultat de ces deux transformations sera donc : $N \rightarrow P^+ + e^- + e_2^- + e_2^+$, avec conservation évidente de la charge. Il y a aussi conservation du spin, *car il résulte de la théorie que chaque microélectron a un spin* $\pm 1/2n$ en unités $h/2\pi$, c'est-à-dire $\pm 1/4$ pour $n = 2$. La conservation de l'énergie devant être assurée par les microélectrons, on voit qu'à l'émission d'un électron e^- à faible énergie doit correspondre l'émission d'une paire de microélectrons à grande énergie et inversement; de sorte que le spectre de l'émission de microélectrons doit avoir, au contraire du spectre de l'émission β, *une intensité décroissante des grandes vers les faibles énergies*. D'autre part, si l'on admet que les photons, dont il a été question, ont des fréquences à spectre discontinu, il en sera de même des microélectrons, et *leur spectre d'énergie doit être un spectre de raie* parfaitement symétrique par rapport à l'abscisse de déviation nulle, l'une des moitiés du spectre étant produite par les microélectrons négatifs (e_2^-) et l'autre moitié par les microélectrons positifs ou micropositons (e_2^+). Dans ces conditions, le spectre bien connu de l'émission β *doit présenter, dans sa structure fine, une forme en escalier dont chaque palier correspond à une raie du spectre des microélectrons*, la largeur de ces paliers étant due au fait que les protons nucléaires provenant des neutrons ont des niveaux énergétiques variant entre $(E_f)_{max}$ et $(E_f)_{min}$. Cette théorie schématique peut être précisée par une adaptation de la théorie de Fermi; quoi qu'il en soit, s'il existe effectivement des microélectrons, on doit, en principe, pouvoir photographier, dans un spectrographe à rayons β, le spectre des microélectrons positifs et négatifs (voir *Gazette de Mathématique*, n° 30, Lisbonne, 1946).

Dans des expériences récentes, effectuées par M^lle^ Vieira au Laboratoire de Physique de la Faculté des Sciences de Lisbonne, sous la direction de M. Valadares (*Portugaliæ Physica*, vol. 2, fasc. 2, 1947), on fait agir un champ magnétique d'environ 300 gauss sur l'émission d'une source forte de

RaC + RaD + RaE, et l'on obtient, avec des poses très longues, *un spectre de raies fines* se superposant au spectre β^- classique du côté des négatifs, et un spectre des raies fines, *parfaitement symétrique du premier*, du côté des positifs. L'intensité des raies, la même pour les raies correspondantes de chaque côté, *diminue des fortes vers les faibles énergies.* Tout ceci semble conforme à ce qu'on pourrait s'attendre en admettant les microélectrons. D'ailleurs, l'énergie des deux raies d'intensité maxima, calculée évidemment dans l'hypothèse où elles seraient dues à des électrons habituels, a été trouvée égale à 5 MeV, ce qui dépasse largement l'énergie maxima de l'émission β^- continue pour les sources radioactives naturelles employées dans ces expériences. D'après le schéma de la conservation de l'énergie dans l'émission β, donné plus haut, il y aurait là une indication favorable à l'existence de microélectrons ([1]).

EFFET RAMAN. — *Influence du pouvoir rotatoire cristallin sur la mesure du facteur de dépolarisation.* Note de Mlle **Lucienne Couture** et M. **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

La mesure du facteur de dépolarisation ρ dans l'effet Raman transversal est compliquée par l'existence du pouvoir rotatoire dans le corps étudié. On peut s'affranchir de cette complication, soit rigoureusement en étudiant l'effet Raman longitudinal en lumière circulaire ([1]), soit approximativement en recevant la lumière diffusée par une tranche très mince du corps et qui en sort après un trajet très court ([2]). La première méthode est laborieuse; la seconde ne permet pas de mesures précises de ρ.

Pour ne pas être gêné par la biréfringence dans la mesure de ρ, il faut tailler le cristal en forme de parallélépipède rectangle dont les faces sont perpendiculaires aux axes OXYZ de l'ellipsoïde des indices, dont l'un coïncide avec la direction d'observation. Dans le cas des cristaux uniaxes optiquement actifs, il n'est pas rigoureusement correct de se borner à orienter l'axe optique normalement à la direction d'observation, car le pouvoir rotatoire subsiste perpendiculairement à l'axe ([3]). Dans le cas des cristaux biaxes, il n'y a généralement pas de raison pour que la rotation s'annule suivant les axes OXYZ.

Nous nous sommes proposé de rechercher systématiquement si l'activité

([1]) M. L. de Broglie a attiré mon attention sur des résultats expérimentaux de M. J. Thibaud (*Comptes rendus*, 223, 1946, p. 984) qui semblent révéler plusieurs termes de notre série de microélectrons pour $n \geq 6$. M. J. Thibaud a d'ailleurs eu l'obligeance de me communiquer verbalement qu'il existe, pour les particules étudiées par lui, un spectre des moments magnétiques probablement en n^{-1}, ce qui est d'accord avec ma théorie.

([1]) J. P. Mathieu et G. Gallet, *Bull. Soc. franc. Minéralogie*, 65, 1942, p. 6.

([2]) A. Rousset, J. Laval et R. Lochet, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 886.

([3]) W. Voigt, *Annalen der Physik*, 18, 1905, p. 662.

optique des cristaux peut s'annuler suivant un ou plusieurs des axes OXYZ: en orientant ces axes dans la direction d'observation, la mesure de ρ sera correcte. Cette recherche se fait aisément en considérant avec M. Born [4] le paramètre scalaire de gyration G, qui détermine le pouvoir rotatoire dans un milieu anisotrope en fonction de la direction de propagation. La forme la plus générale de ce scalaire est

$$G = g_{XX}s_X^2 + g_{YY}s_Y^2 + g_{ZZ}s_Z^2 + 2g_{XY}s_Xs_Y + 2g_{YZ}s_Ys_Z + 2g_{ZX}s_Zs_X,$$

s_X, s_Y, s_Z désignant les composantes sur les axes du cristal d'un vecteur unité porté par la normale à l'onde, et les g_{ik} les composantes du tenseur de gyration symétrique. M. Born (*l. c.*) a étudié la réduction du nombre des coefficients g_{ik} lorsque le cristal possède un élément de symétrie de première ou de seconde espèce. On en déduit la forme du tenseur de gyration dans les 32 classes de cristaux. On retrouve ainsi le fait connu, que seules 15 de ces classes peuvent posséder le pouvoir rotatoire. De plus, on peut résoudre la question proposée. Les axes, dont la direction peut coïncider avec celle de l'observation sans que la mesure de ρ soit perturbée par l'activité optique, sont indiqués, pour chaque classe cristalline, dans la troisième colonne du tableau ci-dessous; la quatrième donne les coefficients du tenseur de gyration qui subsistent; la cinquième contient des exemples de cristaux dont on a étudié le spectre de Raman. Il faut remarquer que dans les classes $\bar{4}$ et $\bar{4}\,2\,m$, la recherche de la rotation, qui ne peut guère se faire que suivant l'axe optique, donnera nécessairement un résultat négatif, bien que le pouvoir rotatoire puisse exister dans d'autres directions et introduire une cause d'erreur dans la mesure du facteur de dépolarisation. Aussi avons-nous affecté du signe ? les exemples correspondants.

Système.	Classe.	Axes.	Tenseur.	Exemples.
Asymétrique.....	$1(C_1)$	néant	g_{ii}, g_{ik}	–
Monoclinique....	$2(C_2)$	»	g_{ii}, g_{XY}	Saccharose
	$m(C_s)$	OX, OY(*)	g_{YZ}, g_{ZX}	–
Orthorhombique.	$2\ 2\ 2\,(D_2)$	néant	g_{ii}	Sel de Seignette
	$2\ m\ m(C_{2v})$	OZ(*)	g_{XY}	–
Ternaire.........	$3(C_3)$, $3\ 2(D_3)$	néant	g_{ii}	Periodate de Na, quartz α
Quaternaire......	$4(C_4)$, $4\ 2\ 2(D_4)$	»	g_{ii}	Carbonate de guanidine
	$\bar{4}(S_4)$, $\bar{4}\ 2\ m(V_d)$	OZ(*)	$g_{XX}g_{YY}g_{XY}$	Phosphate KH_2? urée?
Sénaire..........	$6(C_6)$, $6\ 2\ 2(D_6)$	néant	g_{ii}	Sulfate LiK, quartz β
Cubique.........	$2\ 3(T)$, $4\ 3\ 2(O)$	»	g_{ii}	Chlorate de Na

(*) Le plan de symétrie est supposé coïncider avec le plan XOY, l'axe principal avec l'axe OZ.

(4) *Optik*, Berlin, 1933, p. 415.

RAYONS X. — *Tube à rayons X de grande brillance à foyer ponctuel.* Note [1] de M. **Stanislas Goldsztaub**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'augmentation de la brillance des sources de rayons X est un problème qui a été étudié par différents auteurs [2] en vue de la réalisation de sources puissantes de rayons X. On a déterminé ainsi les charges en watts par millimètre carré admises pour différentes conditions de fonctionnement des tubes usuels. Ils ont montré que c'est pratiquement l'évacuation de la chaleur par conduction qui limite cette énergie.

Je me suis proposé d'examiner le cas de foyers trés fins. Pour simplifier les calculs j'ai supposé que le foyer était très fin et que les surfaces isothermes à l'intérieur de l'anticathode étaient des hémisphères. On trouve, dans ce cas, que la différence de température entre les isothermes r_0 et r_1 pour un flux de chaleur W est

$$t = \frac{W}{2\pi K}\left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r_1}\right),$$

où K est la conductivité thermique, supposée constante dans l'intervalle de température t.

En appelant $B = W/2\pi r_0^2$ la brillance du foyer, supposé coïncider avec l'isotherme r_0, on trouve

$$B = Kt\frac{r_1}{r_0(r_1 - r_0)}.$$

On constate qu'elle augmente indéfiniment quand r_0 tend vers 0.

Cette expression, sans donner la valeur exacte de la brillance dans les conditions réelles, permet d'en fixer l'ordre de grandeur. On trouve ainsi, dans le cas d'une anticathode de cuivre hémisphérique de rayon 10^{mm}, les brillances suivantes :

3500 W/mm² pour un foyer de $0^{mm},2$ de diamètre,
210 W/mm² » 3^{mm}

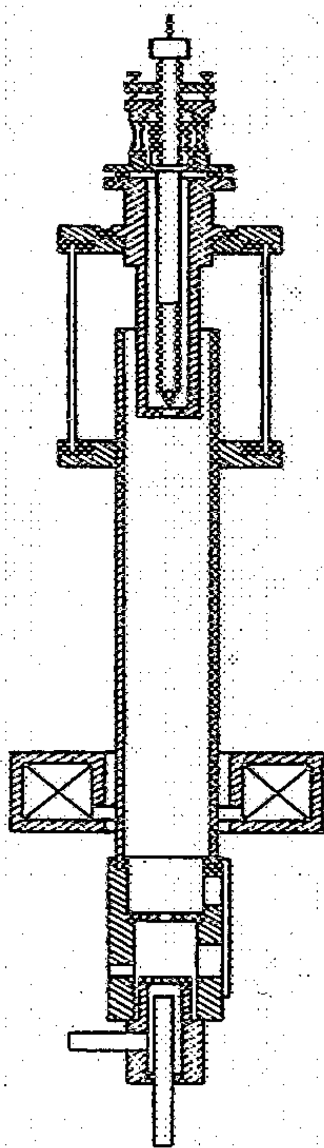
On constate ainsi le gain considérable de brillance qu'on réalise quand on réduit le diamètre du foyer. Dans les tubes ordinaires où le foyer est de l'ordre de 1 ou 2^{mm} de diamètre, on réalise une brillance de l'ordre de 70 à 90 W : mm² avec des anticathodes de cuivre en régime continu. Dans le cas de poses instantanées, on atteint des brillances de 200 à 300 W : mm².

En construisant un tube à rayons X muni d'un dispositif de focalisation du faisceau au moyen de lentilles électroniques (voir figure), j'ai pu réaliser un foyer

(1) Séance du 10 février 1947.

(2) A. Muller, *Proc. Roy. Soc.*, (A), **117**, 1927, p. 30 et (A), **132**, 1931, p. 646; A. Bouwers, *Zts. techn. Phys.*, **8**, 1927, p. 271 ; Straumanis, *Zts. Phys.*, **120**, 1942, p. 47; A. Guinier et J. Devaux, *Rev. Scient.*, **81**, 1943, p. 341.

de $0^{mm},2$ de diamètre avec une intensité de 1 mA sous 30 kV, ce qui correspond à une brillance de l'ordre de 475 W : mm^2. Une anticathode de cuivre, soumise à ce régime, ne se trouve pas marquée. On réalise ainsi un progrès marqué sur



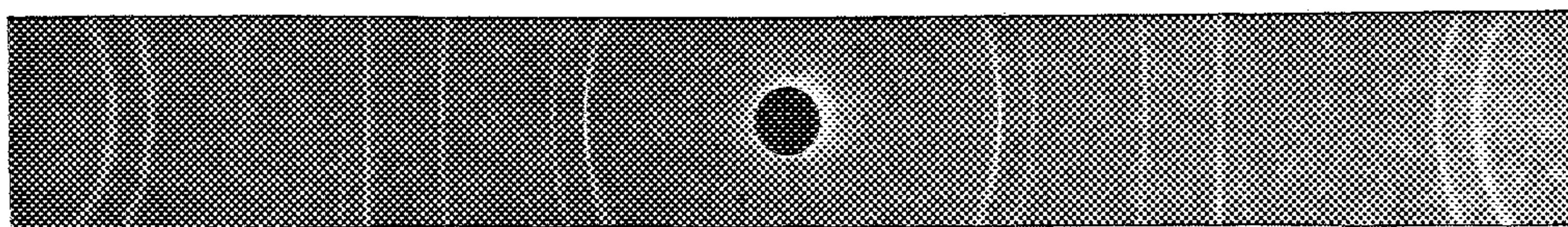
les tubes existants, mais on est loin encore de la limite théorique. Cette brillance pourra certainement être accrue en obtenant une meilleure distribution de la densité du faisceau électronique dans le plan de l'anticathode; en évitant en particulier l'auréole qui entoure les foyers des tubes ordinaires, et pour cela en réduisant les aberrations du système électronique. Un diaphragme, placé au voisinage de l'anticathode, tend d'une manière imparfaite à obtenir ce résultat. Mais c'est par une étude rationnelle de la cathode ou plus exactement du canon à électrons qu'on obtiendra un foyer à bord net.

L'adjonction d'un système d'optique électronique présente également un autre intérêt, en augmentant la distance filament anticathode, ce qui permet d'utiliser une anticathode en métal fondu sans que les vapeurs viennent détruire rapidement la cathode.

On pourra ainsi augmenter encore la brillance des sources de rayons X, car l'énergie calorifique sera mieux évacuée à cause du gradient de température plus élevé, d'une part, et des courants de convection dans l'anticathode liquide, d'autre part.

RAYONS X. — *Tube à rayons X à anticathode mobile.*
Note (¹) de M. **Adolphe-Jean Rose**, présentée par M. Charles Mauguin.

Le rendement d'un tube à rayons X est limité par la puissance maximum par unité de surface que peut supporter sans détérioration son anticathode. Cette puissance peut être considérablement augmentée et supportée de façon continue si l'on renouvelle assez rapidement la surface d'impact des électrons, tout en lui conservant un refroidissement efficace. Cette surface d'impact, d'autre part, doit se mouvoir de telle façon que le foyer du tube reste fixe dans



l'espace. La difficulté réside dans l'établissement d'un joint autorisant les déplacements de l'anticathode et assurant en même temps l'étanchéité parfaite du corps du tube. L'utilisation d'un tube métallique souple de 57^{mm} de longueur et 50^{mm} de diamètre suffit à remplir ces conditions.

Dans une expérience préliminaire, en faisant balayer au foyer du tube une surface de 1^{cm^2} (le tube métallique utilisé peut supporter aisément de plus grandes déformations), on a obtenu le spectre d'un fil de cuivre en moins d'une minute dans les conditions suivantes : anticathode de cuivre, fenêtre d'aluminium d'épaisseur $0^{mm},010$, filtre de nickel d'épaisseur $0^{mm},015$, chambre de 180^{mm} de circonférence.

L'encombrement réduit de ce dispositif (qui peut être utilisé également pour la production de rayons X par transmission) permet son adaptation sur tous les tubes (tubes à vide ou tubes scellés) sans en diminuer la maniabilité.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Sur la théorie de l'effet Kerr.*
Note (¹) de M. **André Herpin**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'effet Kerr magnétooptique consiste en ceci : si l'on fait réfléchir normalement un faisceau lumineux polarisé rectilignement sur un miroir ferromagnétique aimanté, l'aimantation étant perpendiculaire à la face du miroir, le faisceau réfléchi est polarisé elliptiquement, et le grand axe de l'ellipse a tourné d'un angle α par rapport à la vibration rectiligne incidente. Dès sa découverte, ce phénomène fut relié à l'énorme polarisation rotatoire magnétique des métaux ferromagnétiques.

(¹) Séance du 3 février 1947.

(¹) Séance du 3 février 1947.

Dans sa théorie des propriétés optiques des métaux, Drude [2] rattachait ces deux effets à l'effet Hall, et fut suivi par la plupart des théoriciens [Voigt [3] par exemple], car cette théorie permettait de retrouver toutes les propriétés de symétrie de l'effet Kerr. Malheureusement cette théorie est peu satisfaisante à bien des points de vue : l'effet Kerr est de même signe pour tous les ferromagnétiques, alors que l'effet Hall du fer est positif, celui du nickel étant négatif. D'autre part le bismuth, dont l'effet Hall est extraordinairement élevé (10^3 fois celui des autres métaux), a une polarisation rotatoire magnétique très petite (elle n'est pas observable) et ne présente pas d'effet Kerr. *L'effet Kerr est donc une propriété caractéristique de l'état ferromagnétique.*

Dans la présente Note, nous voudrions donner une explication, d'ailleurs purement qualitative, de l'effet Kerr, mais totalement indépendante de l'effet Hall. Nous utiliserons le modèle de métal ferromagnétique proposé par Slater [4]. Les atomes ferromagnétiques, comme tous les éléments de transition, possèdent une couche interne non saturée. Il s'agit de la couche $3d$, qui à l'état métallique donne une bande $3d$ assez étroite qui se superpose à la large bande $4s$ des électrons de conduction. Slater a montré que, sous certaines conditions, la bande $3d$ se décompose en deux bandes $3d_+$ et $3d_-$, la première ne contenant que des électrons de spin $s=+1/2$, l'autre des électrons de spin $s=-1/2$, la différence d'énergie entre ces deux bandes étant égale à *l'énergie d'échange* A.

Les propriétés optiques d'un métal (indice et coefficient d'absorption) sont conditionnées par l'existence de bandes d'absorption correspondant au transfert d'un électron d'une bande électronique dans une autre bande. L'étude des règles de sélection montre que les transitions suivantes sont possibles :

$$3d \to 3d \qquad 4s \to 3d \qquad 3d \to 4s.$$

Il leur correspond des bandes d'absorption qui se trouvent, la première dans l'infrarouge, les deux autres dans le voisinage du visible, ce qui explique le très grand pouvoir absorbant des métaux ferromagnétiques.

Les règles de sélection classiques nous donnent l'état de polarisation du photon absorbé : $\Delta m = -1$ correspond à une vibration circulaire gauche, et $\Delta m = +1$ à une vibration circulaire droite. Dans le cas actuel, les orbites étant bloquées, le nombre quantique magnétique m est égal à la projection du spin s suivant oz. On a donc

$$\Delta m = \Delta s.$$

Étant donné que les bandes $3d_+$ et $3d_-$ sont décalées par l'effet d'échange, les bandes d'absorption correspondant à une polarisation circulaire droite

(2) *Wied. Ann.*, **42**, 1891, p. 666.
(3) *Magnéto und electro-optick*, Leipzig, 1908.
(4) *Phys. Rev.*, **49**, 1936, p. 537.

différeront des bandes d'absorption correspondant à une polarisation circulaire gauche, comme le montre le tableau suivant :

Transition.	Δm.	Nombre d'onde.
$3d_+ \rightarrow 3d_-$	-1	$\nu = \nu_0(d \rightarrow d) + A/hc$
$3d_- \rightarrow 3d_+$	$+1$	$\nu = \nu_0(d \rightarrow d) - A/hc$
$3d_+ \rightarrow 4s_-$	-1	$\nu = \nu_0(d \rightarrow s) + A/hc$
$3d_- \rightarrow 4s_+$	$+1$	$\nu = \nu_0(d \rightarrow s)$
$4s_+ \rightarrow 3d_-$	-1	$\nu = \nu_0(s \rightarrow d)$
$4s_- \rightarrow 3d_+$	$+1$	$\nu = \nu_0(s \rightarrow d) - A/hc$

On trouve que, pour le nickel, $A/hc = 250$ cm^{-1} environ.

On en déduit que pour une même longueur d'onde les indices $n_+(\lambda)$ et $n_-(\lambda)$ seront différents, ainsi que les coefficients d'absorption $\varkappa_+(\lambda)$ et $\varkappa_-(\lambda)$. Il en résulte qu'un *ferromagnétique possède du pouvoir rotatoire et du dichroïsme circulaire, même en l'absence de champ*. Celui-ci n'a pour effet que d'orienter tous les domaines de Weiss dans le même sens. Si de la lumière se réfléchit sur un tel ferromagnétique aimanté, les vibrations circulaires droites et gauches n'auront pas même pouvoir réflecteur, d'où l'ellipticité de la vibration réfléchie correspondant à une incidente rectiligne. D'autre part les retards de phase à la réflexion ne seront pas les mêmes pour les deux composantes circulaires, d'où rotation du plan de polarisation.

EFFET RAMAN. — *Sur la structure du cyclohexane.*
Note de M^lle **Monique Harrand**, présentée par M. Jean Cabannes.

La structure du cyclohexane a été l'objet de nombreuses recherches théoriques et expérimentales dont Kohlrausch a fait le point (¹). On serait tenté, par analogie avec le benzène, d'attribuer au cycle hexagonal des atomes de carbone une forme *plane*. Mais cette solution n'est pas la seule à considérer, et des cycles hexagonaux *gauches* ont été envisagés; ces derniers ont l'avantage de permettre de conserver aux angles de valence des atomes de carbone la valeur 109°28′ qui confère à l'édifice le maximum de stabilité. On a donc à choisir entre les trois formes suivantes :

1° Forme gauche dite « en baquet », de symétrie C_{2v};

2° Forme gauche dite « en chaise », de symétrie S_{6u};

3° Forme plane, de symétrie D_{6h}.

Les deux dernières formes ont une symétrie élevée; elles possèdent en particulier un centre de symétrie.

La symétrie de chaque forme permet de prévoir le nombre et la polarisation des *raies Raman* qui figureraient dans le spectre de diffusion correspondant à

(¹) K. W. F. Kohlrausch et W. Stockmair, *Z. f. Phys. Chem.*, B, 31, 1936, p. 382; K. W. F. Kohlrausch et H. Witteck, *Z. f. Phys. Chem.*, B, 48, 1941, p. 177.

chacune d'elles. Les raies de fréquence *inférieure à* 1500 cm^{-1} doivent se répartir ainsi :

Forme.	Vibration C-C. Pol.	Vibration C-C. Dép.	Vibration C-H. Pol.	Vibration C-H. Dép.	Total.
Plane D_{6h}	1	2	1	4	8
Chaise S_{6u}	2	2	2	4	10
Baquet C_{2v}	4	8	6	18	36
Monodérivé C_{1h}	9	6	12	11	38

Dans le domaine considéré, le spectre *observé* comprend 10 raies. Ce résultat rend déjà peu probable la forme en baquet. On peut toutefois se demander si des raies trop faibles n'échapperaient pas à l'observation. Or la substitution d'un deutérium D à un hydrogène ($C_6H_{11}D$) fait passer le nombre des raies observées de 10 à 27; les abaissements de fréquence ne pouvant faire passer des raies C-H de la région 2900 cm^{-1} à la région 1500 cm^{-1} par remplacement de H par D, on doit conclure que l'augmentation du nombre des raies provient d'un *abaissement de la symétrie* dû à la substitution : seules les formes plane ou en chaise peuvent en rendre compte. Il faut ajouter que l'intense raie Raman polarisée 802 cm^{-1} *n'a pas son correspondant dans le spectre infrarouge :* il doit donc y avoir un centre de symétrie, autre raison pour éliminer la forme en baquet. Le fait que trois fréquences (1028, 1266, 1445) apparaissent à la fois en Raman et en infrarouge n'est pas une preuve contre les conclusions précédentes, car les oscillations correspondantes peuvent être attribuées aux groupements CH_2; or le couplage des oscillations de ces groupements dans la molécule $(CH_2)_6$ peut être soit symétrique, soit antisymétrique par rapport au centre, sans qu'il en résulte des variations appréciables de la fréquence (couplages faibles).

Il reste donc à choisir entre la forme plane et la forme en chaise : le nombre des raies *polarisées* inférieures à 1500 cm^{-1} doit permettre ce choix.

A. Langseth et B. Bak ([2]) ayant trouvé 2 raies polarisées (802 et 1156 cm^{-1}) et 6 dépolarisées (384, 425, 1028, 1266, 1345, 1445) adoptent la forme plane. Au contraire, Kohlrausch trouve 3 raies polarisées (384, 802, 1156) et 4 dépolarisées (425, 1028, 1266, 1445), et il admet la forme en chaise.

Nous avons donc mesuré la polarisation de la raie $\Delta\nu = 384$ cm^{-1} sur laquelle ces auteurs se trouvaient en désaccord.

Nos mesures de polarisation ont été faites non seulement sur la raie étudiée, mais aussi sur les autres, et en particulier sur la raie dépolarisée $\Delta\nu = 425$ cm^{-1} pour laquelle nous trouvons $\rho = 0,87$, ce qui vérifie l'exactitude de nos mesures. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

$\Delta\nu$.	I.	ρ.	$\Delta\nu$.	I.	ρ.
384	<1	$0,12 \pm 0,05$	1156	1	$0,29 \pm 0,05$
425	<1	$0,87 \pm 0,05$	1266	5	$0,70 \pm 0,1$
802	10	$0,11 \pm 0,05$	1343	1	$0,82 \pm 0,05$
1028	5	$0,87 \pm 0,05$	1445	7	$0,70 \pm 0,1$

([2]) *J. of Chem. Phys.*, 8, 1940, p. 403.

Cette étude montre que la raie $\Delta\nu = 384$ cm^{-1} est *nettement polarisée* : le spectre du cyclohexane, pour les fréquences inférieures à 1500 cm^{-1}, possède donc sûrement 3 raies polarisées : 384, 802 et 1156 cm^{-1} ($\rho = 0,1$; $0,1$; $0,3$). La molécule C_6H_{12} n'a donc pas la symétrie D_{6h} (plan) qui comporte 2 raies polarisées seulement, mais la symétrie S_{6u} (chaise) qui demande 4 raies polarisées; les spectres obtenus n'en montrent que 3, mais la quatrième, qui provient d'une oscillation symétrique des groupements CH_2, peut être pratiquement confondue avec une oscillation dégénérée de ces groupements, ce qui rend sa polarisation difficilement décelable. Des mesures plus précises sont en cours.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Bandes de combinaison et symétrie moléculaire de la molécule de benzène.* Note de M. **Pierre Barchewitz**, présentée par M. Jean Cabannes.

Si l'on admet la symétrie D_{6h} de la molécule de benzène, sur les vingt modes de vibration distincts, sept sont actifs dans le phenomène de diffusion (appartenant aux classes de symétrie E_g^+, E_g^- et A_{1g}) et quatre sont permis dans le phénomène d'absorption (appartenant aux classes de symétrie E_u^- et A_{2u}); aucune fréquence de vibration n'est à la fois active dans les deux phénomènes. Les bandes de combinaison permises dans l'absorption sont celles qui correspondent à des vibrations du type E_u^- et A_{2u}.

Il existe douze combinaisons (1) possibles des modes de vibration donnant des bandes dans l'infrarouge. L'étude ayant porté sur l'absorption du benzène dans l'infrarouge proche (0,8 à 2 microns), les bandes de combinaison observées ont des fréquences qui correspondent à l'addition de la fréquence des différents harmoniques, dont les fondamentaux se trouvent vers 3000 cm^{-1} avec les autres fréquences fondamentales de la molécule de benzène.

Les fréquences fondamentales appartenant aux classes de symétrie A_{1g} à 3061,9 cm^{-1} (Raman), E_g^+ à 3046,8 cm^{-1} (Raman) et E_u^- à 3080 cm^{-1} (infrarouge) peuvent, on le sait, se combiner aux autres fréquences suivant les huit schémas suivants, pour donner des bandes dans la région étudiée :

$A_{1g} + A_{2u}$ (symétrie A_{2u}),	$A_{1g} + E_u^-$ (symétrie E_u^-);
$E_u^- + A_{2g}$ (symétrie E_u^-),	$E_u^- + E_g^-$ (symétrie A_{2u});
$E_u^- + E_g^+$ (symétrie E_u^-),	$E_g^+ + E_u^+$ (symétrie A_{2u});
$E_g^+ + B_{2u}$ (symétrie E_u^-),	$E_g^+ + B_{1u}$ (symétrie E_u^-).

Entre 1,3 et 1,6 micron, le benzène possède, sous une épaisseur de 5^{cm}, environ 20 bandes de combinaison, dont 6 sont particulièrement intenses; elles résultent de la combinaison de la fréquence du premier harmonique à

(1) C. R. Bailey, C. R. Ingold, H. C. Poole et C. L. Wilson, *J. Chem. Soc.*, 4 1946, p. 222.

1,666 μ (6000 cm^{-1}) de la bande fondamentale active dans l'infrarouge à 3080 cm^{-1}, ou du premier harmonique dont les fréquences fondamentales à 3062 cm^{-1} et 3047 cm^{-1} sont actives dans le phénomène Raman, avec les autres fréquences fondamentales. Nous supposerons que ces trois premiers harmoniques ont la fréquence moyenne de 6000 cm^{-1}.

Les six bandes intenses résultent des combinaisons permises suivantes :

7 570 cm^{-1} = 6 000 cm^{-1} + 1 570 cm^{-1}	$(E_u^- + E_g^-)$,
7 456 cm^{-1} = 6 000 cm^{-1} + 1 456 cm^{-1}	$(E_g^+ + E_u^-)$ ou $(A_{1g} + E_u^-)$,
7 185 cm^{-1} = 6 000 cm^{-1} + 1 185 cm^{-1}	$(E_u^- + E_g^+)$,
7 030 cm^{-1} = 6 000 cm^{-1} + 1 030 cm^{-1}	$(E_g^+ + E_u^-)$ ou $(A_{1g} - E_u^-)$;
6 860 cm^{-1} = 6 000 cm^{-1} + 860 cm^{-1}	$(E_u^- + E_g^-)$,
6 670 cm^{-1} = 6 000 cm^{-1} + 670 cm^{-1}	$(A_{1g} + A_{2u})$,

Les fréquences fondamentales trouvées expérimentalement, entrant dans ces combinaisons, sont actives dans l'infrarouge (IR) ou dans le phénomène Raman (R).

E_g^- = 1 584 cm^{-1} (R),	1 178 cm^{-1} (R),
E_u^- = 1 470 cm^{-1} (IR),	1 033 cm^{-1} (IR),
A_{2u} = 671 cm^{-1} (IR),	
E_g^- = 850 cm^{-1} (R),	

Les fréquences des autres bandes de combinaison peuvent être obtenues à partir des fréquences du type E_u, B_{1u}, B_{2u} etc., dont les valeurs sont déterminées indirectement ou par le calcul ([2]), mais restent incertaines.

Des résultats absolument identiques sont relatifs aux combinaisons avec le deuxième harmonique ([3]) à 1,14 μ (8770 cm^{-1}).

On observe donc entre chaque harmonique, une suite de bandes de combinaison dont les positions permettent de déterminer certaines fréquences fondamentales de la molécule; les résultats montrent que les combinaisons permises confirment une symétrie D_{6h} de la molécule de benzène.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Un nouvel effet stérique en chimie organique : la polarisation par compression intramoléculaire.* Note ([1]) de M. **Paul Rumpf**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les rayons d'action de van der Waals sont beaucoup trop grands pour permettre d'expliquer diverses observations effectuées au cours de recherches sur l'encombrement stérique. Je me bornerai à rappeler ici deux faits particulièrement significatifs : l'existence du dibenzo-3.4,5.6 phénanthrène et la

([2]) Herzfeld, Ingold et Poole, *J. Chem. Soc.*, 4, 1946, p. 316; Delaigne-Delay et Lecomte, *J. Phys.*, 7, 1946, p. 33 et suiv.

([3]) R. Freymann et A. Naherinac, *J. Phys.*, 5, 1934, p. 75.

([1]) Séance du 10 Février 1947.

racémisation de certains biphényles orthosubstitués, optiquement actifs par empêchement de rotation. Ces exemples montrent que des atomes non liés, mais voisins dans l'espace, peuvent, non seulement se croiser au cours d'une rotation intramoléculaire autour d'une simple liaison, mais aussi rester en contact, à des distances qui dépassent à peine l'écartement des noyaux des mêmes atomes directement unis, pourvu que leur rapprochement soit favorisé par la rigidité de liaisons de covalence, de doubles liaisons et de noyaux aromatiques, par l'effet énergétique d'une mésomérie qui tende à imposer une structure plane à certaines portions de la molécule, ou par toute autre action susceptible de mettre en jeu une énergie suffisante pour vaincre les forces répulsives.

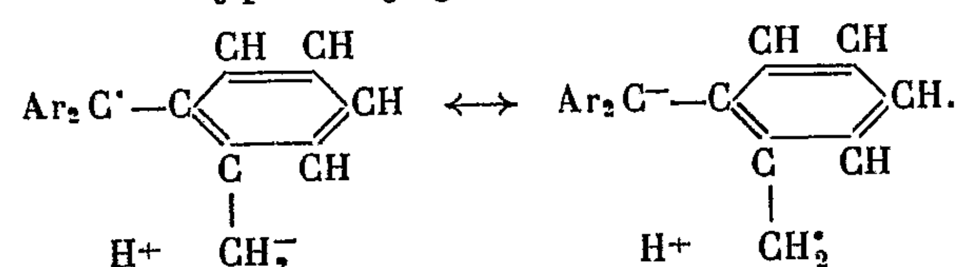
En raison de l'origine électronique des principales forces répulsives, il semble légitime d'admettre qu'une contrainte stérique, capable de comprimer les sphères d'encombrement de deux atomes saturés par des liaisons simples ou multiples, modifie par là même l'état de polarisation électrique des liaisons qui unissent ces atomes au reste de leur molécule. *Le sens du phénomène est nécessairement tel qu'il s'oppose à l'augmentation du potentiel répulsif.* En d'autres termes, certains rapprochements d'atomes pourraient être facilités par une polarisation intramoléculaire. Dans la plupart des cas, les forces de répulsion quantiques qui freinent l'interpénétration des nuages électroniques sont beaucoup plus importantes que les actions statiques coulombiennes: l'effet envisagé doit donc se traduire, le plus souvent, par un écartement des fortes densités électroniques. Dans une mesure variable avec la polarisabilité de ses liaisons, chaque atome en contact forcé tend alors à devenir le pôle positif du groupement auquel il appartient: il s'oxyde, ou s'ionise à l'état de cation, plus aisément qu'il ne le ferait dans une molécule sans contrainte stérique.

L'étude des groupements hydrocarbonés à polarité indécise et celle des systèmes mésomères complexes aisément polarisables paraissent justifier ce point de vue. Les faits qui ont permis d'énoncer la règle de Markovnikof ne seraient-ils pas dus, au moins en partie, à une polarisation stérique des doubles liaisons dans le sens $A^+—B^-$, A désignant l'atome de carbone le plus substitué? Ne conviendrait-il pas également d'envisager l'effet Mills-Nixon comme la manifestation d'un appauvrissement en électrons π dans les régions les plus encombrées d'un système mésomère?

On sait avec quelle facilité le tri α-naphtyl carbinol, le dibenzo-3.4,5.6 phénanthrène et même l'$\alpha\alpha'$-binaphtyle perdent deux atomes d'hydrogène pour donner respectivement un α-naphtyl dibenzofluorénol, un benzopérylène et le pérylène lui-même. La chimie des colorants à multiples noyaux aromatiques condensés fournit de nombreux exemples analogues. Dans ces grosses molécules, l'établissement d'une structure plus ou moins plane est, en quelque sorte, imposé par la mésomérie ou par l'hyperconjugaison et très probablement aussi, dans certains cas, par l'encombrement stérique au voisinage d'un car-

bone central (effet B, *back strain* de H. C. Brown). Mais, tout en favorisant la mésomérie et une diminution de la plupart des potentiels répulsifs intramoléculaires, cette disposition peut, pour des raisons géométriques, nécessiter un rapprochement extrême des noyaux d'un petit nombre d'atomes bien déterminés : c'est précisément en ces points de contact que se manifestent des propriétés réductrices exceptionnelles. Il suffit souvent d'une élévation de température pour entraîner la déshydrogénation : supposons, en effet, que, par suite de l'agitation thermique, un de ces atomes, par exemple un hydrogène en *ortho* par rapport au carbone central du tri α-naphtyl carbinol, soit plaqué contre le carbone *ortho* d'un autre cycle de la même molécule; il devient pôle positif, alors que les densités électroniques augmentent autour de l'hydrogène voisin qui est lié, dans une direction différente, au carbone antagoniste, lui-même polarisé positivement; amorçant une double ionisation, ce mécanisme permet la formation de la liaison C-C internucléaire, en même temps que le départ d'une molécule d'hydrogène libre.

L'acidité des trois groupements méthyle du tri-*o*-tolyl méthane, mise en évidence par Bartlett et Jones en 1942, est vraisemblablement renforcée par une polarisation de même origine. Cette polarisation permet aussi d'expliquer, pour une large part, la stabilité imprévue du radical libre correspondant : elle facilite l'établissement d'une structure sensiblement plane; elle augmente le poids des formules limite hyperconjuguées du type



Les groupements méthyle polaires donneraient lieu ici à une forte hyperconjugaison, analogue à la mésomérie stabilisatrice qui fait intervenir l'oxygène négativement chargé, dans les métaux-cétyles et dans la semiquinone paramagnétique obtenue par Michaelis en oxydant la durohydroquinone *en milieu alcalin.*

C'est seulement par le calcul que l'on pourra se faire une idée précise de l'importance de ce nouvel effet stérique. Mais, d'ores et déjà, il rend compte qualitativement d'un certain nombre de résultats expérimentaux, difficiles à interpréter au moyen de considérations purement géométriques.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le rôle de l'eau oxygénée dans les processus anodiques.* Note [1] de MM. **Moïse Haïssinsky** et **Maurice Cottin**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Un certain nombre de métaux forment par oxydation électrolytique, dans des conditions déterminées, des dépôts anodiques, appelés peroxydes ou plus

(1) Séance du 10 février 1947.

correctement oxydes supérieurs : PbO_2, MnO_2, PoO_3, peroxydes de Ni, Co, Bi, etc. Certains d'entre eux peuvent être préparés aussi par voie chimique, notamment sous l'action de l'eau oxygénée.

En relation avec nos expériences sur l'influence de l'eau oxygénée sur la préparation électrolytique des percarbonates et des perborates ([2]), il nous a semblé intéressant d'examiner l'effet du même réactif sur la formation de ces peroxydes anodiques. Nous avons effectué les expériences suivantes :

1° *Peroxyde de nickel.* — On a formé le dépôt sur une anode de Pt (comme dans toutes les expériences suivantes, sauf avec Po), en solution borique tamponnée à pH 9,7 et contenant $Ni(OH)_2$ en suspension. L'addition de 3 ou 4 gouttes d'eau oxygénée arrête immédiatement le dépôt et enlève celui déjà formé sur l'anode en le transformant en $Ni(OH)_2$. Si l'électrolyse est prolongée assez longtemps pour que l'eau oxygénée soit détruite, le dépôt recommence à se former.

2° MnO_2. — Le dépôt est formé par électrolyse de $MnSO_3$ en présence d'acétate d'ammonium et d'alcool, à pH 5,2. Le dépôt est dissous rapidement par addition de H_2O_2 et ne réapparaît qu'après la décomposition du réactif.

3° *Peroxyde de cobalt.* — Électrolyse de $CoSO_4$ en solution acétique à pH 6,9. Même action de H_2O_2.

4° *Peroxyde d'argent.* — Le dépôt est obtenu par électrolyse d'acétate d'argent à pH 4,5. Même résultat.

5° PbO_2. — Électrolyse du nitrate de Pb dans HNO_3 0,8 N. Même résultat.

6° PoO_3. — Une solution de 4 u. é. s. de polonite de Na ($6^g,8.10^{-10}$ environ) dans NaOH N est électrolysée pendant une demi-heure avec une anode de Ni, maintenue au potentiel + 0,60 V par rapport à l'électrode de calomel saturée. On constate alors, par des mesures radioactives, que 18,7 % du polonium de la solution se sont déposés sur l'anode et 5 % sur la cathode. On ajoute H_2O_2 et l'on continue pendant une demi-heure l'électrolyse avec les mêmes électrodes actives. La quantité de Po anodique est passée à 10,2 % ; le dépôt cathodique est de 6,7 %.

Rappelons que l'arrêt du dépôt anodique de Po en solution *acide* par addition de H_2O_2 avait été déjà signalé par F. Joliot ([3]). De même, l'arrêt du dépôt du *peroxyde de bismuth* par addition de ce réactif avait été observé par l'un de nous ([4]) tant en solution nitrique acide qu'en solution tartrique alcaline.

La réalisation des mêmes expériences sur les peroxydes 2 à 5 en milieu alcalin est difficile, car l'eau oxygénée réagit ici chimiquement en faisant précipiter un composé peroxydé au sein de la solution.

([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 392.

([3]) *J. Chim. Phys.*, **27**, 1930, p. 119.

([4]) M. Haïssinsky et A. Sanielévici, *ibid.*, **36**, 1939, p. 54.

L'action inhibitrice de H_2O_2 au cours de l'électrolyse, que les expériences décrites ont mise en évidence, s'explique naturellement par la réduction des peroxydes dans les conditions du milieu indiquées. Elle montre néanmoins que la présence de ce composé dans les conditions normales de leur formation est très peu probable.

L'intérêt principal de ces expériences réside dans l'explication qu'elles donnent de la difficulté de la formation anodique de H_2O_2. Des observations anciennes et récentes ont montré ([5]), en effet, que les anodes constituées par des métaux nobles tels que Pt, Rh, Au, etc. (et plus encore Pb ou Ni), se recouvrent d'une couche plus ou moins importante d'oxydes supérieurs. Par conséquent, si même les conditions énergétiques à l'anode deviennent favorables à la formation de H_2O_2 (décharge $OH^- = OH + e$; puis $2OH = H_2O_2$), les molécules formées sont immédiatement décomposées avec dégagement d'oxygène.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Recherche du rhénium par l'α-benzyldioxime.* Note ([1]) de M^lle **Suzanne Tribalat**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les composés du rhénium heptavalent donnent naissance en présence de diméthylglyoxime et de chlorure stanneux à un complexe jaune. Cette réaction permet de déceler 10^{γ} de rhénium ([2]). J'ai constaté la solubilité de ce complexe dans l'alcool benzylique : il est possible par extraction d'augmenter la sensibilité de la réaction.

L'action des dioximes sur les perrhénates en présence de chlorure stanneux semble un phénomène général. Avec l'α-benzyldioxime en milieu sulfurique 9 à 18 fois normal et à chaud, j'ai observé la formation d'un complexe. Il peut être extrait quantitativement par les alcools amylique et isoamylique ou les acétates correspondants.

La valence du rhénium dans ce complexe est probablement supérieure à (IV) : en effet, une solution de perrhénate réduite à chaud par le chlorure stanneux à la valence (IV) ne donne plus la coloration quand on la chauffe ensuite avec l'α-benzyldioxime en présence d'alcool. Pour obtenir un bon résultat, il faut, avant de réduire le rhénium (VII), ajouter le réactif qui stabilise alors, en faisant entrer dans un complexe, au fur et à mesure de sa formation, une valence du rhénium intermédiaire entre (IV) et (VII). Cette valence se dismuterait en l'absence de réactif.

([5]) Voir par exemple, Ch. Marie, *Comptes rendus*, **146**, 1908, p. 477; Wöhler, *Z. Elektroch.*, **15**, 1909, p. 769; Butler et Drever, *Trans. Far. Soc.*, **32**, 1936, p. 427.

([1]) Séance du 10 février 1947.

([2]) Tougarinoff, *Bull. Soc. Chim. Belge*, **43**, 1934, p. 111.

Mode opératoire. — Rendre la solution 12 fois normale en acide sulfurique et en prélever 0,5 à 1^{cm^3}. Ajouter 1 à 2^{mg} d'α-benzyldioxime pure, $0^{cm^3},5$ d'alcool isoamylique, 4 gouttes d'une solution fraîchement préparée de chlorure stanneux à 150^g pour 1000^{cm^3} dans l'acide sulfurique 9 N. Chauffer 2 à 3 minutes en agitant au voisinage de l'ébullition. La solution devient jaune, puis rose ou rouge suivant la concentration du rhénium. Ajouter alors 1^{cm^3} d'eau : la couche alcoolique se sépare contenant tout le rhénium. La limite de sensibilité est 0,5 à $0^{\gamma},2$ dans le cas d'une solution de rhénium pur. Pour ces faibles concentrations, il faut en même temps effectuer la réaction sur un témoin ne contenant pas de rhénium. Il peut y avoir en effet une légère décomposition du réactif ou de l'alcool par l'acide sulfurique, ce qui se traduit, par une faible coloration jaune de la couche isoamylique.

En milieu acide chlorhydrique dilué, la réaction est lente si l'acide est concentré; il n'y a pas formation de complexe, ce qui peut s'expliquer par le fait que l'acide chlorhydrique décompose à chaud l'α-benzyldioxime en benzyle et hydroxylamine.

Le fer et le nickel ne gênent pas. Le cuivre catalyse les réactions de décomposition organique. Les nitrates gênent.

Application à des mélanges molybdène-rhénium. — Le rhénium est souvent présent dans les molybdénites, aussi est-il intéressant d'étudier l'influence du molybdène sur les réactions de détection du rhénium.

Le mode opératoire précédent ne convient plus quand le rapport Mo/Re dépasse 10 ([3]).

Il devient nécessaire de réduire d'abord Mo(VI) à l'état de Mo(V) par le chlorure stanneux dans des conditions d'acidité où Re(VII) ne soit pas réduit. Puis on ajoute le réactif, l'alcool, de nouveau un peu de chlorure stanneux et rend le milieu 16 à 18 fois normal en acide sulfurique pour provoquer la formation du complexe.

Mode opératoire pour les mélanges molybdène-rhénium. — Introduire quelques gouttes de la solution neutre à analyser dans un tube à essai, la quantité de molybdène ne dépassant pas 5^{mg}. Compléter à 1^{cm^3} avec de l'eau. Ajouter $0^{cm^3},1$ d'acide sulfurique 18 fois normal et $0^{cm^3},1$ de chlorure stanneux à 150^g pour 1000^{cm^3} dans l'acide sulfurique 9 fois normal. Chauffer à ébullition 2 ou 3 minutes jusqu'à coloration brun rouge. Il est très important qu'il n'y ait plus de bleu de molybdène. Refroidir, ajouter 1 à 2^{mg} d'α-benzyldioxime, 10 gouttes d'alcool isoamylique, 1 goutte de solution de chlorure stanneux et, en refroidissant, la quantité d'acide sulfurique pur nécessaire pour que le milieu soit environ 16 fois normal. Chauffer ensuite juste au-dessous de l'ébullition pendant 6 à 7 minutes (l'alcool ne doit pas distiller dans l'atmosphère, mais se condenser dans le tube). Refroidir.

Ajouter un volume d'eau égal à deux fois celui de la solution. Agiter. La couche alcoolique est rose en présence de rhénium et reste rose si on l'agite avec de l'eau.

Limite de sensibilité : 5 γ de rhénium en présence de 5000 γ de molybdène

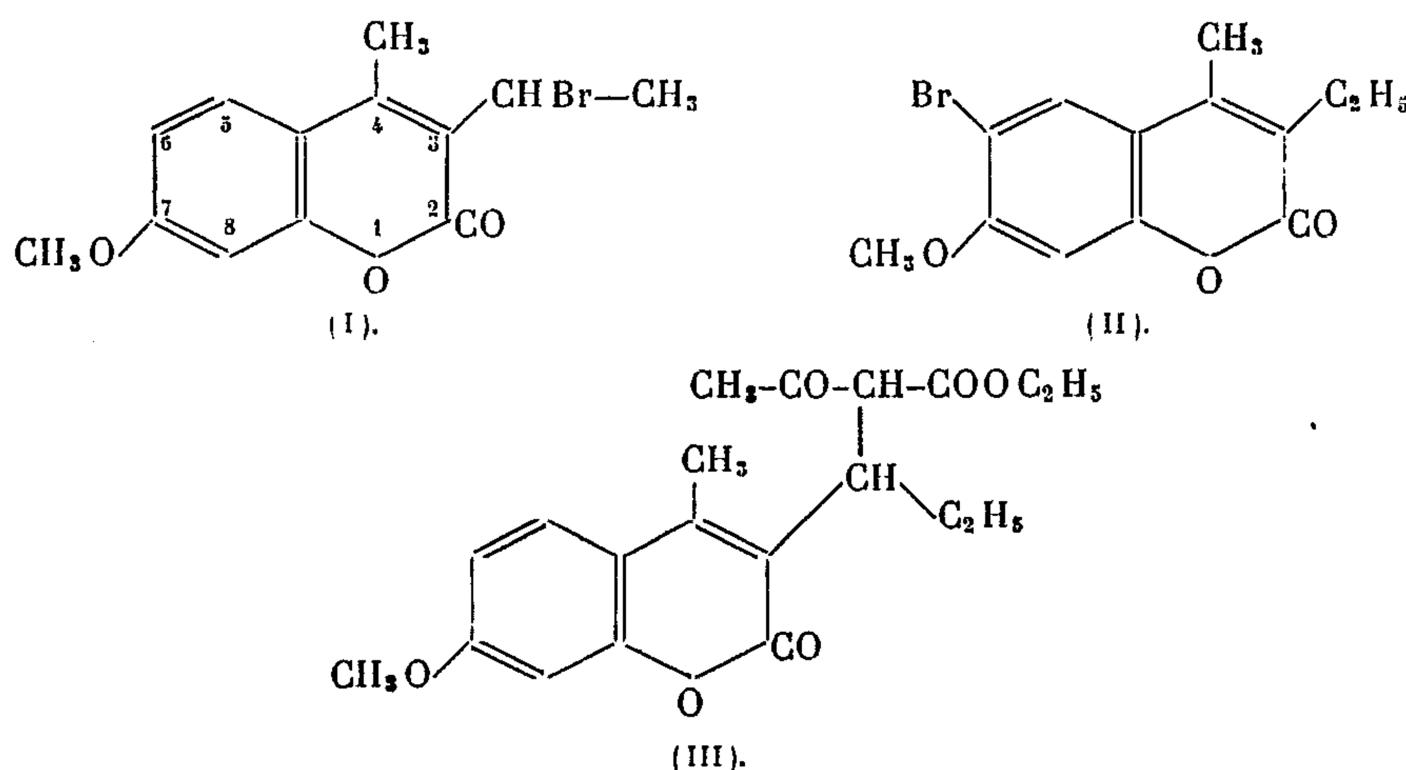
---

([3]) Le tungstène au contraire ne perturbe pas la réaction quand le rapport M_0/R_e est égal à 10000.

par centimètre cube. Quand on atteint cette limite, il est bon d'effectuer en même temps un essai témoin contenant seulement une quantité équivalente de molybdène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Migrations de l'halogène dans les bromocoumarines.* Note (¹) de MM. **Darius Molho** et **Charles Mentzer** présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une récente Communication (²) nous avons pu démontrer la possibilité de bromer la chaîne latérale fixée en position 3 dans certains dérivés coumariniques. Nous avons également remarqué que par action du N-bromosuccinimide sur l'éthyl-3 méthyl-4 méthoxy-7 coumarine, il se forme toujours, à côté du dérivé (I) cherché, de petites quantités de coumarine bromée sur le noyau benzénique (II).



Nous venons maintenant de démontrer que la substance (II) s'obtient en partant de (I) par une simple migration du brome de la chaîne latérale au noyau. En effet, il suffit de chauffer (I) en solution dans de l'alcool renfermant de l'éthylate de sodium, pour obtenir le corps (II) avec des rendements presque quantitatifs. La vitesse de la migration dépend de la structure du radical fixé en 3. Ainsi, nous avons noté que la bromoéthyl-3 méthyl-4 méthoxy-7 coumarine se condense avec l'acétylacétate d'éthyle sodé en donnant une molécule complexe ne renfermant plus de brome. Au cours de cette réaction, il se forme toujours environ 50 % du dérivé (II) bromé sur le noyau, ce qui prouve que dans ce cas, la vitesse de la transposition est aussi grande que la vitesse de la condensation avec l'acétylacétate d'éthyle.

Dans les mêmes conditions la (bromo-*n*-propyl)-3 méthyl-4 méthoxy-7

(¹) Séance du 3 février 1946.

(²) *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 1141-1142.

coumarine subit uniquement la transposition en *n*-propyl-3 méthyl-4 bromo-6 méthoxy-7 coumarine. Dans ce dernier cas, la vitesse de la migration de l'halogène est supérieure à la vitesse de formation de BrNa, et grâce à la présence de l'éthylate de sodium dans le milieu, la transposition est terminée avant même que le corps (III) ait eu le temps de se former en quantités appréciables. Notons que les aptitudes migratrices de l'atome de brome s'observent non seulement dans la série des coumarines, mais également dans d'autres domaines de la chimie organique. Ainsi P. Karrer et H. Schmid ([3]) ont noté une telle migration dans le cas d'un ester cétonique complexe, et Ng. Ph. Buu-Hoï (communication verbale) a observé une transposition analogue dans la série du thiophène.

Partie expérimentale. — La préparation des coumarines bromées s'effectue conformément aux méthodes décrites dans la communication précédente ([1]).

La migration du brome, sous l'influence de l'éthylate de sodium, a lieu dans les conditions suivantes :

3^g (1/100 de mol.) de brométhyl-3 méthyl-4 méthoxy-7 coumarine [formule (I)] sont ajoutés à une solution de $0^g,3$ de sodium dans 15^{cm^3} d'alcool absolu; après chauffage à reflux pendant 8 heures, on verse le mélange dans l'eau et essore le précipité. F (après recristallisation dans l'alcool) 182°. Rt 2^g. Ce corps est identique à l'éthyl-3 méthyl-4 bromo-6 méthoxy-7 coumarine (II) que nous avions préparé précédemment ([2]) en faisant agir du brome en solution acétique sur l'éthyl-3 méthyl-4 méthoxy-7 coumarine et dans lequel, d'après nos connaissances antérieures sur la bromuration des coumarines, il y a de fortes présomptions pour la position 6 du brome.

Le même corps s'obtient également au cours de la préparation du méthyl-4 méthoxy-7 (α-acétyl, β-méthyl)-coumarine-propionate d'éthyle-3 en opérant comme il suit : $0^g,4$ de sodium sont dissous dans 20^{cm^3} d'alcool absolu; on ajoute 3^g d'acétylacétate d'éthyle, puis 3^g de brométhyl-3 méthyl-4 méthoxy-7 coumarine pulvérisés et chauffe à reflux pendant 8 heures. On chasse l'alcool et verse le résidu dans un excès d'eau. La coumarine bromée sur le noyau est épuisée à l'éther, alors que le produit de condensation avec l'acétylacétate reste en solution aqueuse. La solution éthérée est évaporée et le résidu recristallisé dans l'alcool. Le corps obtenu (F 182°) est identique au corps (II) précédemment décrit.

n (bromo-propyl)-3 méthyl-4 méthoxy-7 coumarine $C_{14}H_{15}O_3Br$. — Se prépare par action du N-bromosuccinimide conformément à la technique décrite précédemment ([2]). F 128°; Br tr. 25,2 %; Br calc. 25,7 %.

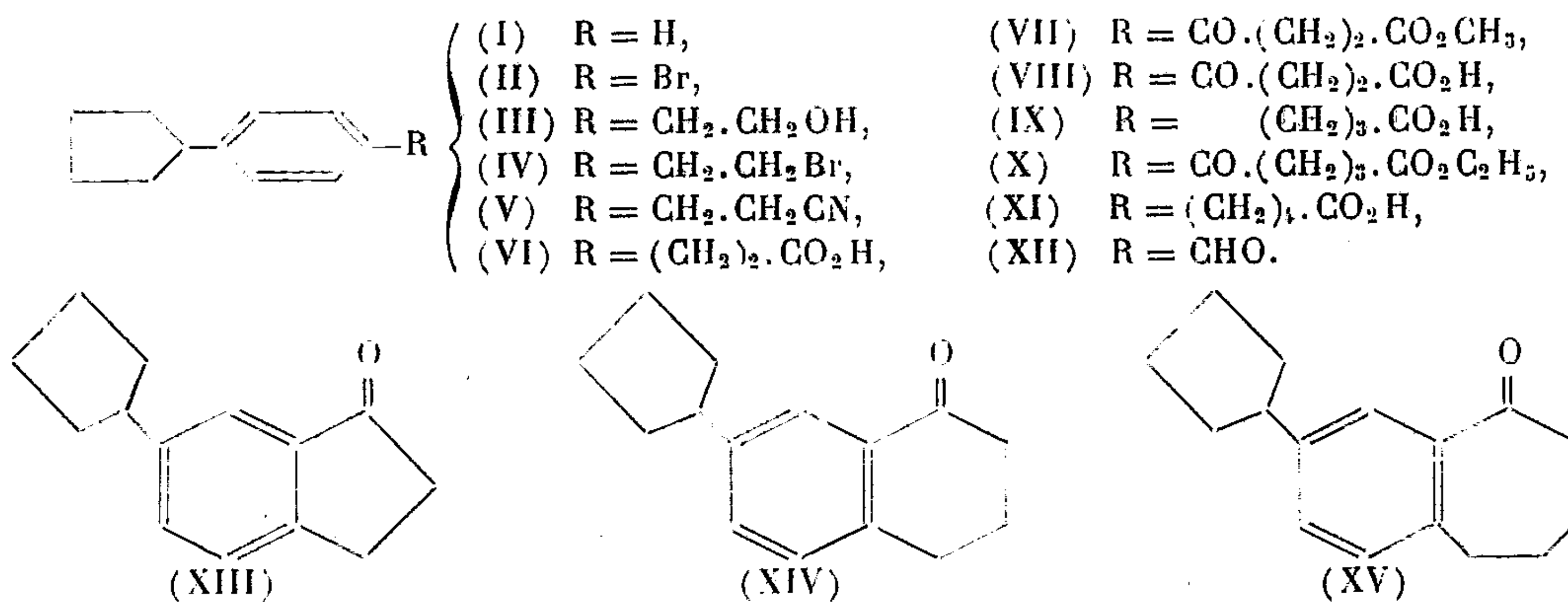
En faisant bouillir 1/100 de mol. de ce corps pendant 8 heures en présence de $0^g,4$ de sodium, de 20^{cm^3} d'alcool absolu et de 3^g d'acétylacétate d'éthyle, il se forme uniquement de la *n*-propyl-3 méthyl-4 bromo-6 méthoxy-7 coumarine (F 160°), identique au dérivé obtenu par bromuration au brome de la n-propyl-3 méthyl-4 méthoxy-7 coumarine.

([3]) *Helv. chim. Acta*, 29, 1946, p. 577.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Clivage et migration du radical cyclopentyle au cours des réactions de cyclisation de quelques dérivés du phénylcyclopentane.* Note [1] de MM. **Paul Cagniant** et **Antonin Deluzarche**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'un de nous [2] a mis en évidence qu'au cours des réactions de Friedel et Crafts, en présence de Cl_3Al comme catalyseur et en milieu benzénique, certains dérivés du phénylcyclohexane subissent des phénomènes de transport du radical cyclohexyle qui est *accepté* par le benzène. Dans le présent travail nous avons étendu cette étude à quelques dérivés du phénylcyclopentane (I) et mis en évidence le clivage partiel du radical cyclopentyle dans la cyclisation, en milieu benzénique et avec Cl_3Al comme catalyseur, des chlorures des acides β-(cyclopentyl-4)-phénylpropionique (VI), γ-(cyclopentyl-4)-phénylbutyrique (IX) et δ-(cyclopentyl-4)-phénylvalérique (XI). On obtient, en effet, dans ces réactions, à côté des cétones cycliques attendues, cyclopentyl-6 indanone-1 (XIII), cyclopentyl-7 tétralone-1 (XIV) et cyclopentyl-8 benzosubérone-1 (XV), un peu des cétones non cyclopentylées correspondantes, indanone, tétralone, benzosubérone et du phénylcyclopentane.

Pour préparer l'acide (VI), nous avons condensé le magnésien du *p*-bromophénylcyclopentane (II) avec l'oxyde d'éthylène et obtenu l'alcool β-*p*-cyclopenthyl-phényléthylique (III). Le bromure (IV) de cet alcool est transformé par KCN en nitrile (V) qui est facilement saponifié en l'acide désiré. Nous accédons à l'acide (IX) d'une part, par synthèse malonique à partir du même bromure (IV) et, d'autre part, par condensation de Friedel et Crafts de (I) avec le chlorure ester méthylique de l'acide succinique, saponification de l'ester (VII) en acide β-*p*-cyclopentylbenzoylpropionique (VIII) et réduction selon Clemmensen de cet acide. De même, avec le chlorure-ester éthylique de l'acide glutarique, nous obtenons l'ester (X) de l'acide γ-*p*-cyclopentylbenzoylbutyrique, dont l'acide correspondant est réduit en (XII).



[1] Séance du 3 février 1947.

[2] Buu-Hoï et P. Cagniant, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 11, 1944, p. 127.

Par action de l'orthoformiate d'éthyle sur le magnésien de (II), nous avons préparé l'aldéhyde *p*-cyclopentylbenzoïque (XII).

Partie expérimentale [3]. — (II) se prépare facilement par bromuration de (I), selon les indications de R. D. Kleene [4]. Alcool (III), $C_{13}H_{18}O$, $É_{15}$ 169-170°, n_D^{20} 1,5449, d_4^{15} 1,0347, liquide assez visqueux d'odeur agréable, mais peu accentuée; phényluréthane, $C_{20}H_{23}O_2N$, F 120°, belles paillettes incolores (alcool). Bromure (IV), $C_{13}H_{17}Br$, obtenu par action de PBr_3 sur (III) en solution chloroformique, $É_{13}$ 170-172°, liquide d'odeur caractéristique. Nitrile (V), $C_{14}H_{17}N$, $É_{15}$ 186-187°, liquide d'odeur assez agréable, saponifié en acide (VI), $C_{14}H_{18}O_2$, $É_{11}$ 221°, F 116-117°, poudre incolore, très soluble dans le benzène et l'alcool; amide correspondant, $C_{14}H_{19}ON$, F 166-167°, paillettes brillantes incolores (benzène). Cyclopentyl-6 indanone-1 (XIII), $C_{14}H_{16}O$, $É_{13}$ 187-188°, n_D^{18} 1,5276, d_4^{15} 1,0922, liquide ne cristallisant pas; on obtient comme produits de clivage un peu de phénylcyclopentane E_{13} 95-100° et d'indanone-α, $É_{13}$ 130-145°, caractérisée par sa semicarbazone F 223-235°. Semicarbazone de (XIII), $C_{15}H_{19}ON_3$, F instantané 241-242°, cristaux incolores.

Ester (VII), $C_{16}H_{20}O_3$, $E_{13,5}$ 228-230°; acide correspondant (VIII) $C_{15}H_{18}O_3$, F 128°, cristaux incolores (benzène). Acide (IX), $C_{15}H_{20}O_2$, $É_{13,5}$ 228-230°, F 32°, paillettes incolores (éther de pétrole); amide correspondant, $C_{15}H_{21}ON$, F 132-133°, petites aiguilles incolores (benzène). Cyclopentyl-7 tétralone-1 (XIV), $C_{15}H_{18}O$, $É_{14}$ 199-200°, F 28-29°, n_D^{18} 1,5691, d_4^{15} 1,0814 paillettes incolores (éther de pétrole), d'odeur peu agréable; on caractérise comme sous-produits de la réaction un peu de phénylcyclopentane et de tétralone-α (semicarbazone F 216-217°). Semicarbazone de (XIV), $C_{16}H_{21}ON_3$, F instantané 234°.

Ester (X), $C_{18}H_{24}O_3$, $É_{14}$ 245-247°, liquide légèrement visqueux; acide correspondant, $C_{16}H_{20}O_3$, petites paillettes incolores très solubles dans l'alcool, F 140° (benzène + éther de pétrole). Acide (XI), $C_{16}H_{22}O_2$, $É_{14,5}$ 252-253°, F 97°, cristaux incolores (éther de pétrole); amide correspondant, $C_{16}H_{23}ON$, F 143° (benzène + éther de pétrole). Cyclopentyl-8 benzosubérone-1 (XV) $C_{16}H_{20}O$, $É_{13,5}$ 205-210°, F 57-58°, paillettes incolores (éther de pétrole). Dans les produits de tête, obtenus en très petite quantité, nous n'avons pu caractériser ni le phénylcyclopentane, ni la benzosubérone-α. Semicarbazone de (XV), $C_{17}H_{23}ON_3$, F instantané 199°, paillettes incolores (alcool). Aldéhyde (XII), $C_{12}H_{14}O$, $É_{14}$ 149-150°, n_D^{18} 1,5578, d_4^{18} 1,0491, liquide d'odeur agréable; semicarbazone, $C_{13}H_{17}ON_3$, F inst. 230°.

Des recherches parallèles sur le phénylcycloheptane et sur les phénylcyclanes supérieurs sont en cours.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les alcools-γ éthyléniques : le nonène-4 ol-1.* Note [1] de MM. **Raymond Paul** et **Olivier Riobé**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'ester acétique du nonène-4 ol-1 a déjà été obtenu dans l'action de l'anhydride acétique sur le butyl-2 tétrahydropyranne [2]. Malheureusement, il

---

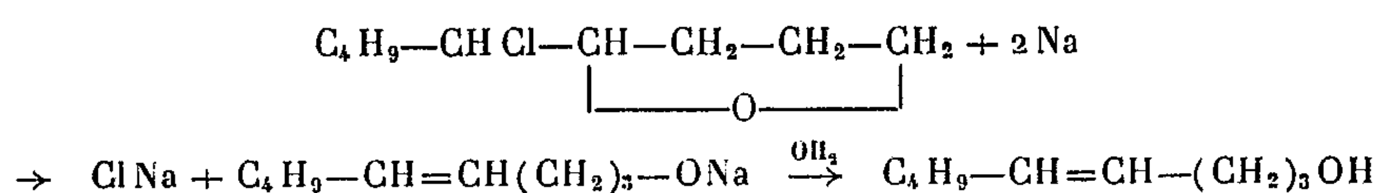
[3] Un mémoire détaillé paraîtra au *Bull. Soc. Chim.*
[4] *J. Amer. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 2883.

[1] Séance du 10 février 1947.
[2] R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1939, pp. 1169 et 1171.

est alors accompagné de son isomère, l'acétate du nonène-5 ol-1 dont il est très difficile de le séparer, si bien qu'il ne peut guère être utilisé pour la préparation du nonène-4 ol-1 pur.

Pour parvenir à cet alcool, nous avons d'abord tenté d'appliquer à l'époxy-1.4 nonanol-5 la suite de réactions qui a permis à l'un de nous de passer avec un très bon rendement de l'alcool tétrahydrofurfurylique au pentène-4 ol-1 ([3]), ([4]), ([5]). Mais l'hydroxyle de l'époxy-1.4 nonanol-5, fort peu mobile, ne se laisse pas remplacer facilement par un atome d'halogène. Le tribromure de phosphore ne conduit qu'à un *époxy*-1.4 *bromo*-5 *nonane* ($É_{23}$ 141-143°) impur avec un rendement de 35 % seulement. Le chlorure de thionyle réagit encore bien moins. Avec le pentachlorure de phosphore, l'*époxy*-1.4 *chloro*-5 *nonane* ($É_{22}$ 111-113°) se forme avec un rendement médiocre (20 %).

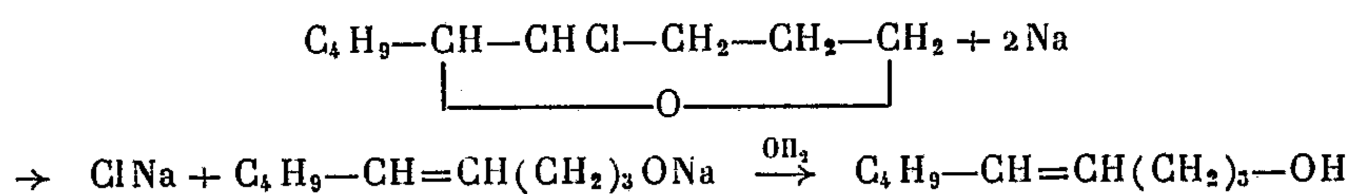
Ce dernier composé a été traité cependant par le sodium en milieu éthéré.



Le nonène-4 ol-1 ainsi formé (rendement 65 %) n'a pu être isolé à l'état de pureté, mais il a été caractérisé d'une façon certaine par sa transformation en allophanate fusible à 149°.

Devant cet échec partiel, nous avons étudié une autre synthèse à partir, non plus de l'époxy-1.4 chloro-5 nonane, mais de son isomère, l'*époxy*-1.5 *chloro*-4 *nonane* qu'on prépare avec un rendement de 70 % par condensation du dichloro-2.3 tétrahydropyranne avec le chlorure de butylmagnésium ([8]).

Soumis à l'action d'un alliage potassium-sodium dans les conditions indiquées à propos du pentène-4 ol-1 ([4]), ce composé nous a donné, avec un rendement de 85 %, l'alcool éthylénique cherché,



Le *nonène-4 ol-1* est un liquide incolore, peu mobile, bouillant à 113°,5 sous 18^{mm} (N_D^{18} 1,4494; D_4^{18} 0,843; C % 76,05; H % 13,0). Son odeur grasse rappelle celle du nonanol, mais sa note est plus intense et plus fine.

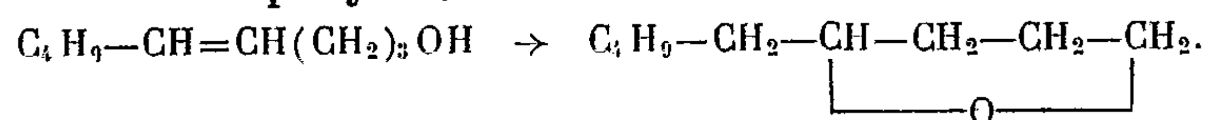
Son *allophanate*, préparé selon Béhal ([6]) fond à 149°,5 (N % 12,5) et son ester *dinitro*-3.5 *benzoïque* à 33° (N % 8,60). L'*ester acétique* du nonène-4 ol-1

([3]) R. Paul, *ibid.*, 2, 1935, p. 745.
([4]) R. Paul et H. Normant, *Bull. Soc. Chim.*, 10, 1943, p. 484.
([5]) *Org. Syntheses*, 25, 1945, p. 84.
([6]) *Bull. Soc. Chim.*, 25, 1919, p. 473.
([7]) Komori et Ueno, *Bull. Soc. Chim. Japon*, 12, 1937, p. 226.

($\acute{E}_{16}$ 111-112°; D_4^{18} 0,883; N_D^{18} 1,4368; CH_3CO_2 % 31,85) possède une odeur agréable, rappelant celle de l'heptyne-carbonate de méthyle. L'odeur de l'*ester propionique* ($\acute{E}_9$ 120-121°; D_4^{18} 0,882; N_D^{18} 1,4386; $CH_3CH_2CO_2$ % 36,38) est beaucoup moins prononcée.

Le *chloro-1 nonène-4* a été obtenu avec un rendement de 50 % par action du chlorure de thionyle sur un mélange équimoléculaire de nonénol et de pyridine; il bout à 102° sous 28mm (D_4^7 0,897; N_D^7 1,458). Le *bromo-1 nonène-4* a été également obtenu avec un rendement de 50 % selon la technique de Bouis (9). Il bout à 112° sous 23mm (N_D^{10} 1,478; D_4^{10} 1,12; Br % 39,45). Ce bromure donne un dérivé magnésien normal qui réagit sur l'anhydride carbonique pour donner le *décène-5 oïque* (E_{12} 153°), isomère de l'acide obtusilique déjà décrit par Komori et Ueno (7).

Distillé sous une pression de 40mm en présence de 12 % de son poids d'acide sulfurique concentré, le nonène-4 ol-1 s'isomérise en un époxyde bouillant à 178-179° sous une pression normale, qui a été identifié avec l'amyl-2 tétrahydrofuranne ou époxy-1.4 nonane.



$$C_4H_9{-}CH{=}CH(CH_2)_3OH \rightarrow C_4H_9{-}CH_2{-}\underset{\lfloor____O____\rfloor}{CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2}.$$

Dans cette réaction, le nonène-4 ol-1 se comporte donc comme le pentène-4 ol-1 puisque sa cyclisation engendre un cycle tétrahydrofurannique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation des amines non tertiaires avec les cétones α-α'-diacétyléniques.* Note de Mlle **Janine Chauvelier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une précédente Note (1) j'ai montré que l'heptadiyne-2-5 one-4: $CH_3{-}C{\equiv}C{-}CO{-}C{\equiv}C{-}CH_3$, se condense avec l'ammoniaque et avec les amines primaires pour engendrer des γ-lutidones. Une étude plus précise de la réaction m'avait permis d'entrevoir des dérivés intermédiaires cristallisables tout au moins dans le cas de l'ammoniaque et de la monométhylamine. L'aniline, comme je l'ai signalé, ne donne à froid aucune réaction apparente, mais il n'est pas exclu d'envisager également dans ce cas la formation d'un intermédiaire, car la solution de la cétone dans l'aniline est inodore et ne laisse plus cristalliser la cétone par évaporation. Il est possible qu'il s'agisse d'un corps liquide ou difficilement cristallisable.

J'ai songé à généraliser la réaction précédemment décrite aux homologues de la cétone diacétylénique, en m'adressant à la diphényl-1.5 pentadiyne-1.4 one-3 (bisphénéthynyl cétone) $C_6H_5{-}C{\equiv}C{-}CO{-}C{\equiv}C{-}C_6H_5$, facilement accessible par un processus parallèle. Cette cétone se combine, soit à froid, soit en tous cas au-dessous de 50° en solution alcoolique, avec

(8) R. Paul, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 122.

(9) *Ann. de Chimie*, 9, 1928, p. 412.

(1) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 793.

l'ammoniaque et un très grand nombre d'amines primaires ou secondaires, grasses ou aromatiques ou cycliques. Il en résulte des composés fortement colorés en jaune, en général peu solubles dans l'alcool et très bien cristallisés. Dans le cas de l'aniline, le dérivé est jaune d'or; il fond à 143° au bloc Maquenne. Si l'on chauffe le corps fondu jusque vers 160° il recristallise presque entièrement, et du solide ainsi obtenu on peut extraire d'une part des cristaux sensiblement incolores fondant à 280°, peu solubles dans le benzène, très solubles dans l'alcool, et des cristaux rouges fondant à 198° assez solubles dans le benzène et très peu solubles dans l'alcool. La même transformation peut être réalisée par une ébullition prolongée de la substance jaune dans le xylène commercial. Par refroidissement on obtient, selon les concentrations, ou bien uniquement les cristaux incolores, ou bien un mélange des deux sortes de cristaux. Le corps incolore fournit un chlorhydrate et se montre identique à la N-α-α'-triphénylpyridone.

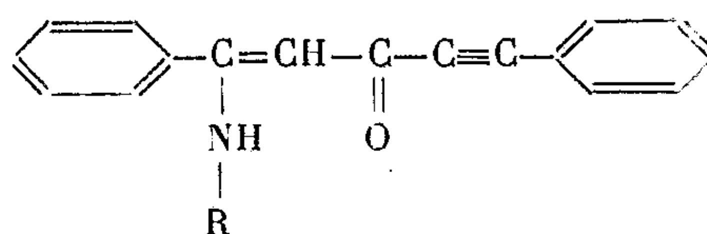
Le corps jaune et le corps rouge sont deux isomères de cette pyridone. La transformation se fait par deux réactions concurrentes et non consécutives, car la pyridone ne peut être transformée en corps rouge ni le corps rouge en pyridone par un chauffage plus prolongé.

On doit considérer le corps jaune comme le produit de fixation de l'aniline sur une triple liaison de la cétone de départ. En effet la phénylphénéthynyl cétone $C_6H_5—C \equiv C—CO—C_6H_5$ donne dans les mêmes conditions un composé jaune fondant à 103° et correspondant au corps fondant à 143°. Ce dernier ne subit aucune transformation thermique.

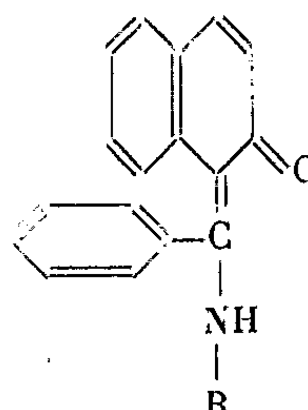
Les corps jaunes dérivant d'amines secondaires ne subissent pas non plus de transformations thermiques. Par contre, les dérivés jaunes de l'ammoniaque et des amines primaires se comportent comme celui de l'aniline engendrant des pyridones dont certaines déjà décrites ont pu être identifiées et des composés rouges dont la couleur varie de l'orangé au grenat.

L'oxydation permanganique des corps jaunes fournit de l'acide benzoïque, un benzamide et un acide très soluble dans l'eau réduisant le nitrate d'argent ammoniacal. Celle des corps rouges fournit un benzamide, de l'acide benzoïque, de l'acide carbonique et de l'acide orthophtalique.

Les formules de constitution les plus probables semblent donc être les suivantes :



Corps jaune.



Corps rouge.

Toutefois le fait que les corps jaunes dérivés des amines secondaires n'ont pu donner jusqu'ici de composés rouges n'est pas directement mis en évidence par cette formule qui demande à être confirmée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les nitriles et amines dérivés des acides oléique et érucique.* Note de MM. **Georges Reutenauer** et **Charles Paquot**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons récemment ([1]), ([2]) mis au point une technique simple de laboratoire permettant d'obtenir avec d'excellents rendements les nitriles et les amines dérivés des acides gras saturés à longue chaîne. Les nitriles sont préparés, selon une méthode dérivant de celle de Ralston, par action de l'ammoniac gazeux anhydre sur l'acide gras liquide, à une température variant entre 250 et 350°, et les amines par hydrogénation catalytique des nitriles ainsi obtenus, en présence de nickel Raney, et en solution dans l'alcool méthylique saturé d'ammoniac.

Nous avons cherché à étendre cette préparation aux acides gras monoéthyléniques les plus courants : acide oléique et acide érucique. En effet, quoique de structure simple, les nitriles et amines dérivés de ces deux acides sont assez mal connus, la littérature se rapportant à ces corps étant principalement composée de brevets peu explicites.

Nitrile oléique $C_{18}H_{33}N$. — Nous avons utilisé pour préparer les nitriles éthyléniques une technique identique à celle décrite précédemment. L'acide oléique étant liquide à la température ambiante, le reflux vers le ballon à réaction de la fraction qui a été entraînée par le courant gazeux d'ammoniac ne souffre aucune difficulté.

L'étude de la réaction en fonction de la température montre que la formation de nitrile est d'autant plus rapide que la température est plus élevée, mais qu'en même temps la proportion de produits secondaires, à point d'ébullition plus élevé, croît notablement. L'étude de ceux-ci montre en particulier que, dans les conditions expérimentales utilisées, il n'y a pas réaction de l'ammoniac sur la double liaison. Pour avoir en un temps qui ne soit pas exagéré un bon rendement en nitrile (75-80 %), il faut opérer entre 280 et 300°. Ce rendement est calculé à partir du nitrile pur obtenu après redistillation.

Les principales constantes physiques du nitrile oléique sont : Eb_{760} 336°; Eb_{12} 204°; d_{17}^{17} 0,848; n_D^{20} 1,466. Viscosité : η_{18} 0,1038; η_{56} 0,0377, η_{80} 0,02435. Indice d'iode : 95 (Th 96,5); azote : 5,35 % (Th 5,33 %).

Nitrile érucique $C_{22}H_{41}N$. — Pour le nitrile érucique, comme pour le nitrile oléique, l'élévation de la température de préparation entraîne un fort accrois-

---

([1]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 578.
([2]) *Industries des corps gras*, 2, 1946, p. 336.

sement de la quantité de produits secondaires. D'autre part la réaction a un excellent rendement à une température modérée. Aussi il est préférable de préparer celui-ci vers 280°. Le rendement atteint alors 85 %.

Les principales constantes physiques du nitrile érucique sont : Eb_{13} 238-240°; d_{12}^{12} 0,849; n_D^{20} 1,4603. Indice d'iode : 77,5 (Th 79,5); azote : 4,31 % (Th 4,3 %).

Amine oléique $C_{18}H_{37}N$. — Contrairement à ce que nous avons observé pour les nitriles saturés, l'hydrogénation du nitrile oléique, à la pression atmosphérique, en solution dans l'alcool méthylique saturé d'ammoniac, est très lente et partielle, même en présence de quantités considérables de catalyseur allant jusqu'à 25 %. Par contre l'hydrogénation en milieu hydroalcoolique (1/1) alcalinisé par la soude marche très bien. La question d'alcalinité du milieu intervient nettement; en effet, la vitesse d'hydrogénation passe du simple au double quand la teneur en soude passe de 25 à 100 % du poids de nitrile. Une teneur supérieure à 100 % n'accroît plus de façon nette la vitesse d'hydrogénation. Il convient donc d'employer un poids de soude environ égal à celui du nitrile à hydrogéner.

L'élévation de la température favorise nettement la réaction d'hydrogénation, le seuil se plaçant vers 40°. Une bonne température d'hydrogénation est de l'ordre de 60°.

Il y a lieu d'employer de fortes quantités de catalyseur, 5 à 10 %. Avec un nickel Raney très divisé et de préparation récente on obtient un rendement en amine primaire redistillée de l'ordre de 90 %, celle-ci ayant les caractéristiques suivantes : $Éb_{11}$ 199°; indice d'iode : 95 (Th 95,5); azote : 5,30 % (Th 5,25 %).

Notons que cette hydrogénation ne touche pas la double liaison carbone-carbone.

Amine érucique $C_{22}H_{45}N$. — Les constatations faites pour la préparation de l'amine oléique s'appliquent identiquement pour l'amine érucique, celle-ci ayant les propriétés suivantes : $Éb_{12}$ 231°; indice d'iode : 77 (Th 78,5); azote : 4,30 % (Th 4,33 %).

Notons que dans toutes les mesures d'indice d'iode faites, le résultat expérimental est légèrement inférieur au résultat théorique, ce qui s'explique par la présence de très faibles quantités d'acides gras saturés dans l'acide gras éthylénique de départ.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du soufre sur l'anéthol.* Note [1] de MM. **Ollivier Gaudin** et **René Pottier**, présentée par M. Paul Pascal.

L'action du soufre sur l'anéthol a été fort peu étudiée. Manseau [2] recommande l'anéthol comme un excellent réactif du soufre : les deux corps

(1) Séance du 10 février 1947.

(2) *Bull. Tr. Pharm. Bordeaux*; 60, 1922, pp. 115-117.

réagissent en effet à chaud avec dégagement d'hydrogène sulfuré, facile à caractériser; l'auteur ajoute qu'il se forme, par refroidissement, un bisulfure d'anéthol qui cristallise en aiguilles prismatiques, mais disparaît si l'on prolonge le chauffage. Il traduit la réaction par la formule

$$C_{10}H_{12}O + 3S = C_{10}H_{10}OS_2 + SH_2.$$

Manseau signale que d'autres propylphénols donnent qualitativement les mêmes résultats.

Bottcher ([3]) indique que l'anéthol réagit vivement sur le soufre à une température comprise entre 190° et 230°, mais ne donne aucune indication précise sur les corps qu'il prétend avoir isolés.

Dès 1938, nous avons entrepris l'étude de la composition chimique des produits formés par action du soufre sur des substances possédant une ou plusieurs liaisons éthyléniques. Nos recherches, interrompues par la guerre, ont été reprises depuis, et nous ont conduits aux résultats suivants dans le cas particulier de l'anéthol

Le soufre agit sur l'anéthol aux environs de 200° pour donner, entre autres produits, les deux dérivés soufrés suivants : 1° Un corps cristallisé en aiguilles jaune orangé F 108°,5 et de formule brute $C_{10}H_8OS_3$ (I); 2° un corps cristallisé en lamelles incolores F 169°, de formule brute $C_{20}H_{20}O_2S$ (II).

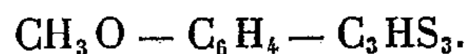
Il ne sera question ici que du premier de ces corps (I), que nous appelons provisoirement *trithioanéthol*.

Préparation de (I). — On fait agir le soufre (5 atomes) sur l'anéthol (1^{mol}) aux environs de 200° pendant une heure. Par cristallisation fractionnée dans l'acétone, on obtient un mélange de (I) et de (II). On purifie (I) par cristallisation dans l'alcool. On obtient ainsi des aiguilles colorées en jaune orangé, plus ou moins rouges suivant leur grosseur, et fondant à 108°,5 (Maquenne). Le trithioanéthol, presque insoluble dans l'eau, est soluble dans les solvants organiques, en particulier dans le benzène et l'acétone. Il possède une saveur d'abord amère, puis douceâtre.

Analyse de (I) : Calculé (pour $C_{10}H_8OS_3$) % : C 49,96; H 3,36; S 40,02. Trouvé % : C 49,88, 50,02; H 3,21, 3,28; S 40,20.

Pour le poids moléculaire, la méthode de Rast a donné la valeur 252 (théorie : 240,3).

Constitution de (I) : La fonction méthoxy de l'anéthol est conservée dans le produit (I) : Indice de méthoxyle : calculé 12,9; trouvé 12,6, 12,4. Le soufre se trouve uniquement dans la chaîne latérale. En effet l'oxydation de (I), par l'acide nitrique ou par le perhydrol, donne de l'acide anisique. La formule de (I) contient donc un radical *p*-méthoxyphénil et peut s'écrire



$$CH_3O - C_6H_4 - C_3HS_3.$$

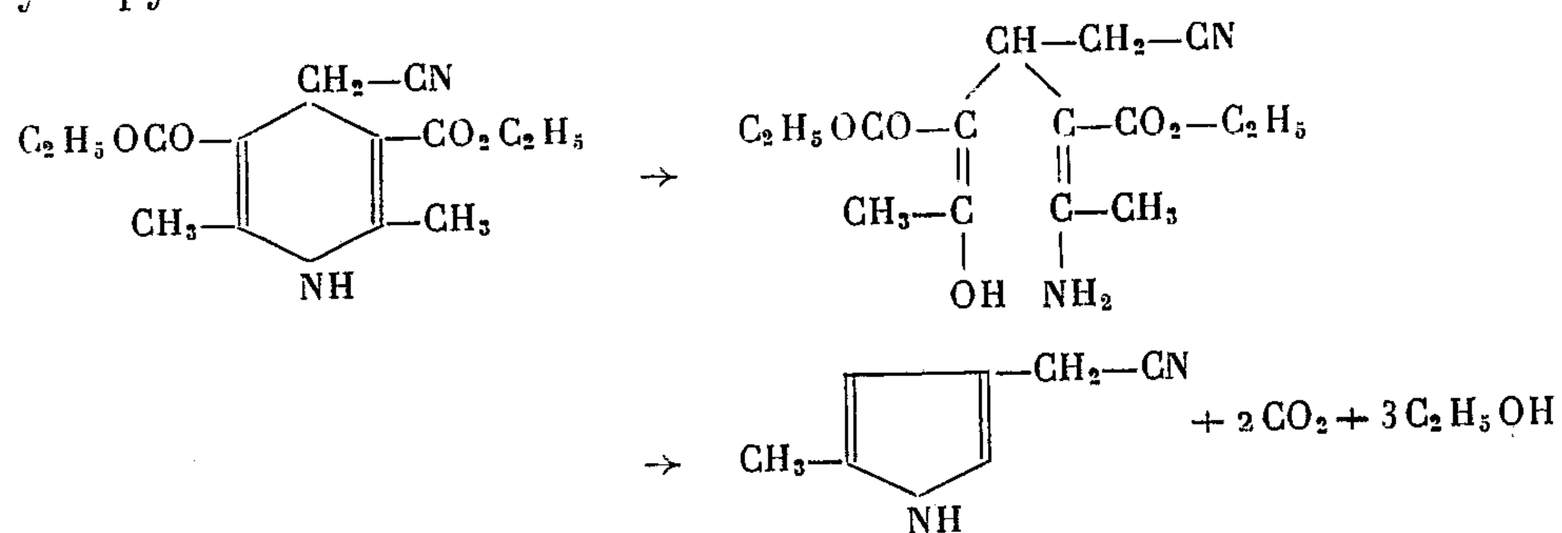
([3]) Brevets français **871802** (29 avril 1941); **52793** (12 mars 1943).

Nous n'avons trouvé dans la bibliographie aucune mention de radicaux de formule $-C_3HS_3$. La structure de ce groupe sulfuré fera l'objet d'une communication ultérieure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Relation entre les noyaux pyridique et pyrrolique.* Note [1] de M. **Jean Ploquin**, présentée par M. Paul Pascal.

Ciamician et ses collaborateurs [2] et [3] ont réalisé le passage du noyau pyrrolique au noyau pyridique en chauffant du pyrrole potassique avec de l'iodure de méthylène ou avec du chloroforme en présence de potasse. Le premier cas revient à chauffer du N-méthylpyrrolle et fournit la pyridine même; le second donne l'α-chloropyridine. Cette méthode générale s'applique aux dérivés du pyrrole, indole compris. Dans la synthèse des pyridines par passage d'acétylène et d'ammoniac sur alumine ou oxydes analogues chauffés vers 350°-450°, il se forme également du pyrrole, surtout en présence de Fe_2O_3 [4], [5].

Le passage inverse a été réalisé par Bénary [6] à partir de dérivés de la dihydropyridine



J'ai pu réaliser le passage direct de la pyridine au noyau pyrrolique, expliquant du même coup les observations de Tschitschibabine.

La pyridine distille lentement (1 goutte en 2 ou 3 secondes) à 115° et passe sur un catalyseur chauffé électriquement. Les vapeurs sont condensées dans un ballon; les gaz barbotent dans une solution acide et sont recueillis.

Sur alumine à $400° \pm 25°$, les gaz renferment un carbure acétylénique vrai (acétylure cuivreux jaune orangé, puis violet), et de l'hydrogène. Le barbotage en solution acide retient de la méthylamine et de l'ammoniac. Le condensat sent fortement ces mêmes

---

(1) Séance du 10 février 1947.

(2) *Gazz. Chim. Ital.*, **11**, 1881, p. 300, et **12**, 1882, p. 211; *Ber.*, **15**, 1882, p. 1172.

(3) *Gazz. Chim. Ital.*, **15**, 1885, p. 186, et **17**, 3887, p. 11; *Ber.*, **20**, 1887, p. 191.

(4) Tschitschibabine, *J. Soc. phys. chim. Russe*, **47**, 1915, p. 703. Voir aussi : Meyer et Tanzen, *Ber.*, **46**, 1913, p. 3183; Schneider Boch et Hausser, *Ber.*, **70**, 1937, p. 425.

(5) *Ber.*, **211**, 1888, p. 3249, et **27**, 1894, p. 476.

(6) *Ber.*, **55**, 1920, 213.

produits et la pyridine. De couleur jaune verdâtre, il manifeste une fluorescence bleue et donne à la distillation :

A 106° une faible fraction sentant successivement la pipéridine, la pyridine et le pyrrole par évaporation. Les réactions des pyrroles non substitués en α sont nettes (Ehrlich, xanthydrol, rouge de pyrrole). La pipéridine n'a pu être identifiée, vu le peu de produit obtenu. A 110-112° les réactions du pyrrole sont encore plus nettes. La fraction principale (90 %) passe à 114,5-115° (pyridine non décomposée, avec un peu de dérivés pyrroliques précipitables au xanthydrol). Le résidu (2^{cm^3}) bout vers 125-130° et présente les réactions du pyrrole. L'alumine est fortement charbonnée.

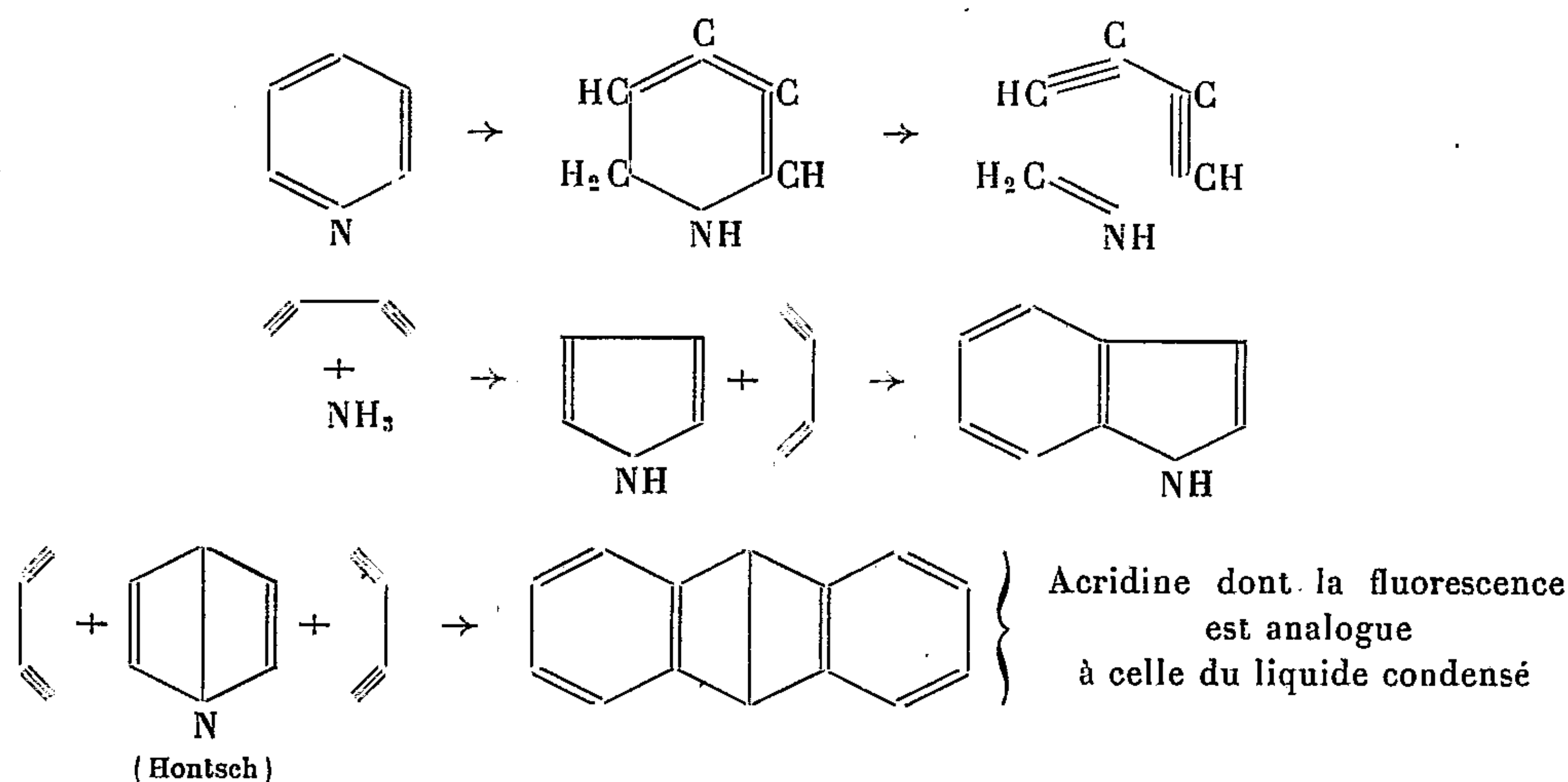
En opérant à 500° ou au-dessus, le résidu de distillation sent l'indole et après évaporation dans un verre de montre donne aisément la coloration violette avec le réactif d'Ehrlich et rose avec le nitrososulfurique.

Pour un temps de contact de 5 à 6 secondes à 350°, 0,2 % de la pyridine sont transformés en pyrroles précipitant au xanthydrol.

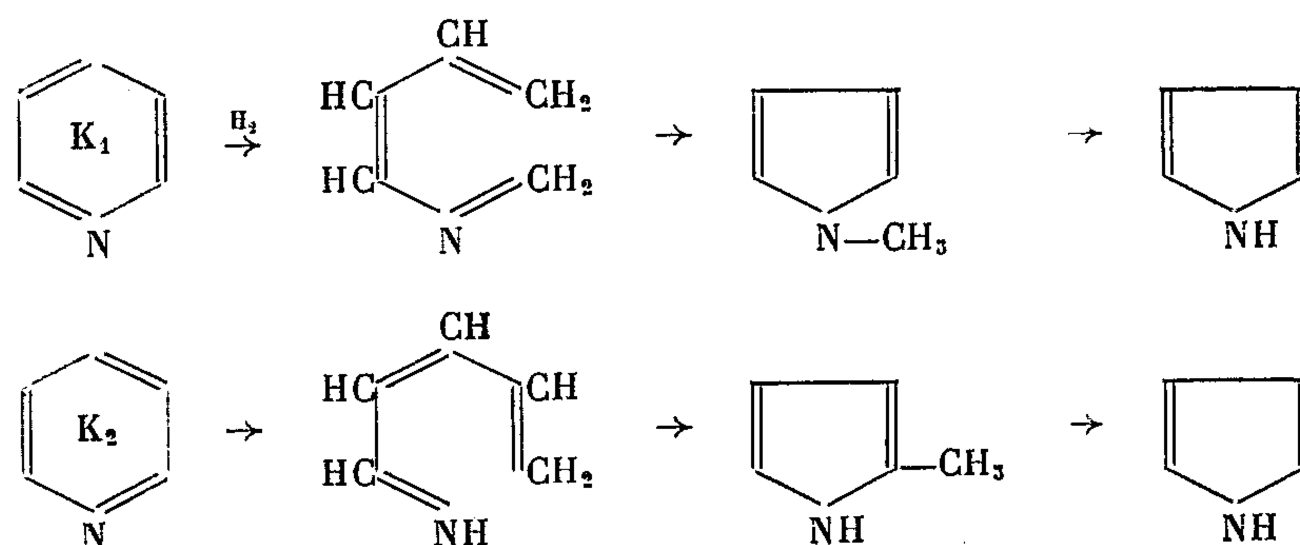
Sur colcothar (calciné à 650°) à 350°, résultats analogues, mais on obtient un peu de cyanure d'ammonium; pas de fluorescence avant 450°, très faible au-dessus; l'indole n'a pu être mis en évidence qu'à 450-500°. A 500-550° il se forme surtout du cyanure d'ammonium et l'odeur de CNH se perçoit. Les réactions du pyrrole sont faiblement positives et seulement sur la fraction 115-125° et le résidu. Charbonnement intense.

Sur charbon de cornue, dont on assimile l'action à celle du charbon formé dans les réactions précédentes et les synthèses de Tschitschibabine, on n'observe entre 350 et 550° aucune fluorescence du condensat, pas de précipité d'acétylure cuivreux, très peu de bases volatiles, pas d'indole. Le distillat passe presque entièrement à 115°, les queues de distillation ne donnant qu'une faible coloration rouge avec le réactif d'Ehrlich. A 550° on observe un peu de cyanure d'ammonium qui semble être le résultat de la pyrolise de la pyridine à cette température même sans catalyseur. Donc le charbon paralyse le catalyseur dans les synthèses de la pyridine uniquement par rôle passif; il peut même, peut-être, favoriser la formation de pyridine.

On peut interpréter ces réactions par migration des H_3 et H_4 en 1 et 6 et rupture du noyau; il se forme du diacétylène et de la méthanimine, instable dans ces conditions, surtout en présence d'hydrogène; des expériences ultérieures fixeront sur sa décomposition en bases volatiles :



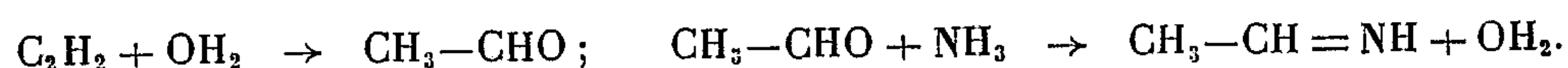
En outre, sous l'action de l'hydrogène produit dans une pyrolyse plus avancée, la pyridine agissant sous les deux formes K_1, K_2 donne les α et N-méthylpyrroles qui peuvent ensuite se déméthyler :



En conclusion, le passage direct entre la pyridine et le pyrrole peut se faire dans les deux sens.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la formation d'acétonitrile dans la condensation catalytique de l'acétylène et de l'ammoniac.* Note de MM. **Jean Amiel** et **Gérard Nomine**, présentée par M. Paul Pascal.

La condensation de l'acétylène avec l'ammoniac en phase gazeuse, à chaud, a été étudiée primitivement par Dewar (1) et par R. Meyer (2) qui, opérant sans catalyseur, obtenaient des bases azotées, des hydrocarbures aromatiques et un peu de benzonitrile. En ajoutant des catalyseurs, Tschitschibabine (3) prépara ainsi des bases pyridiques et Schneider (4) du pyrrole. Ces chimistes insistent sur l'importance de la formation transitoire d'aldhéhydate d'ammoniac. Ce sous-produit, qui à ces températures se transforme en éthane-imine (ou éthylidène-imine), jouerait le rôle d'intermédiaire dans la synthèse du pyrrole et des bases pyridiques. Sa formation serait due à des traces d'eau qui réagiraient sur l'acétylène en donnant de l'éthanal :



$$C_2H_2 + OH_2 \rightarrow CH_3{-}CHO; \quad CH_3{-}CHO + NH_3 \rightarrow CH_3{-}CH{=}NH + OH_2.$$

Tschitschibabine avait d'ailleurs montré la vraisemblance de cette interprétation en préparant les mêmes bases pyridiques et le pyrrole par condensation catalytique de l'éthanal avec le gaz ammoniac.

La formation de nitriles aliphatiques par condensation de l'acétylène avec l'ammoniac n'est mentionnée que dans de nombreux brevets et notamment dans

(1) *Jahresberichte*, 1877, p. 445.
(2) *D. chem. G.*, 50, 1917, p, 422.
(3) *J. Soc. chim. Russe*, 47, 1915, p. 703, et 54, 1923, p. 611.
(4) Schneider, Bock et Hausser, *D. chem. G.*, 70, 1937, p. 425.

D. R. P. 558565 (1935). Celui-ci préconise comme catalyseur le sulfate de zinc déposé sur gel de silice qui permettrait d'obtenir 95 % d'acétonitrile dans le condensat. Or, de tous ces brevets ressort l'importance d'un faible degré d'humidité soit du catalyseur ([5]), soit du mélange gazeux ([6]). Nous avons pu, en pareil cas, vérifier directement l'influence favorable de traces d'eau sur la formation de l'acétonitrile. En faisant passer un mélange équimoléculaire d'ammoniac et d'acétylène anhydres à 450° C. sur du sulfate de zinc déposé sur gel de silice, on ne peut déceler d'acétonitrile dans le condensat, alors que, dans les mêmes conditions, mais avec un barbotage préalable de l'acétylène dans l'eau, on obtient 9,1 % de ce nitrile dans le condensat.

Si nous acceptons l'hypothèse de Tschitschibabine, nous pouvons expliquer la formation d'acétonitrile par les transformations

$$CH \equiv CH \rightarrow CH_3 - CHO \rightarrow CH_3 - CH = NH \rightarrow CH_3 - CN.$$

Mailhe ([7]) a d'ailleurs obtenu de l'acétonitrile en faisant passer de l'ammoniac et des vapeurs d'éthanal sur de la thorine maintenue entre 420 et 450° C.

En étudiant systématiquement un certain nombre de catalyseurs, nous avons trouvé que, par passage de l'acétylène et de l'ammoniac sur de la zircone vers 400 à 500° C., en milieu rigoureusement anhydre, on obtenait dans certaines conditions jusqu'à 99 % d'acétonitrile dans le condensat. Le rendement (en grammes de condensat pour 100^g de mélange $C_2H_2 + NH_3$) était de 66 % pour une expérience mettant en œuvre 33^g de catalyseur et d'une durée de 5 heures 1/2. Le principal sous-produit est l'éthane-imine; sa teneur dans le condensat atteint parfois 26 %. Nous avons observé de plus que, si l'on augmente la vitesse du courant gazeux, on arrive à un maximum pour l'acétonitrile auquel correspond un minimum pour l'éthane-imine; mais la somme des pourcentages de ces deux composés demeure approximativement constante. Nous avons caractérisé aussi dans le condensat de petites quantités de bases pyridiques, de pyrrole, de nitrile crotonique et d'éthylène-diamine; la présence de cette dernière n'a pas encore pu être prouvée de façon rigoureusement indiscutable. A partir de 600°, il se forme de l'acide cyanhydrique. Un mémoire détaillé sera publié par l'un de nous dans les *Annales de Chimie*. Il convient de signaler que le catalyseur, préparé par calcination de la zircone hydratée commerciale, est extrêmement actif, peu fragile et facile à régénérer.

En conclusion, l'emploi de la zircone permet de réaliser une préparation particulièrement intéressante de l'acétonitrile. Si l'hypothèse du rôle intermédiaire de l'éthane-imine peut encore être envisagée dans ce cas, il faut admettre qu'en présence de catalyseurs particulièrement actifs cette imine se forme directement à partir de l'acétylène et de l'ammoniac, même en l'absence d'humidité.

([5]) *J. Soc. Chem. Ind.*, **41**, 1922, p. 191-R.
([6]) D. P. R. 558565, 1935.
([7]) *Comptes rendus*, **215**, 1918, p. 166.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Structure cristalline des piquants d'Oursin.* Note [1] de MM. **J. Garrido** et **J. Blanco**, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous avons déterminé la structure cristalline des piquants de l'Oursin *Strongylocentrotus lividus* au moyen de la diffraction des rayons X.

Les piquants, préalablement débarrassés de la substance organique par l'action d'une dissolution de soude, sont broyés, une fois bien nettoyés et secs, en poudre fine et étudiés par la méthode de Debye-Scherrer au moyen du rayonnement K du cuivre. Les diagrammes obtenus sont identiques à ceux de la calcite.

Un seul piquant intact donne par la méthode du cristal tournant un diagramme caractéristique d'un cristal unique (spectres stratifiés). La période de translation le long de l'axe du piquant peut être déterminée, elle est de 8,50 Å, pratiquement la même qui existe dans les cristaux de calcite le long de l'axe ternaire (8,52 Å).

Dans le but d'étudier la disposition des cristallites de calcite dans le piquant, nous avons obtenu un certain nombre de diagrammes par la méthode de Weissenberg en faisant tourner le piquant autour de son axe.

Les diagrammes de Weissenberg des spectres de l'équateur montrent des taches de diffraction bien nettes, mais légèrement étalées (2 ou 3 degrés) dans la direction de la translation du film. Les spectres de ces diagrammes présentent une distribution à symétrie senaire, et leurs positions et intensités sont les mêmes que celles fournies par les plans de la zone (111) de la calcite. Un tel diagramme pourrait être aussi produit par un agrégat de petits cristaux maclés, ayant deux positions tournées l'une par rapport à l'autre 180° autour de l'axe ternaire. On peut déceler l'existence ou l'absence de cette macle par l'analyse au moyen de la méthode de Weissenberg des spectres n'appartenant pas à l'équateur du diagramme de cristal tournant.

L'existence d'une seule orientation de petits cristaux de calcite a pu être démontrée, car les diagrammes de Weissenberg de la première strate de spectres présentent une distribution de ceux-ci à symétrie ternaire.

Par conséquent les cristallites de calcite sont disposés dans le piquant parallèlement entre eux, de sorte que la structure est analogue à celle d'un cristal unique dans lequel les divers blocs cristallins seraient légèrement déviés les uns par rapport aux autres. L'axe ternaire de ce monocristal coïncide avec la direction d'allongement du piquant.

---

[1] Séance du 10 février 1947.

GÉOLOGIE. — *Les dislocations de la série permo-triasique aux environs de Roubion [Bordure occidentale du massif du Mercantour (Alpes-Maritimes)].* Note [1] de M. **Pierre Bordet**, présentée par M. Charles Jacob.

L'étude géologique détaillée de la vallée du Vionène, entre Vignols et Saint-Sauveur-sur-Tinée, à l'Est de Roubion, m'a permis de mettre en évidence une structure d'un type particulier. La coupure due à cette rivière, profonde de 600^m au Nord et de plus de 1000^m au Sud, est creusée dans l'épaisse série des terrains qui forment la couverture occidentale du Massif du Mercantour; elle comprend tous les étages, du Permien au Jurassique supérieur.

Le Permien est représenté par une puissante formation de schistes rouge vif, grossiers à la base, fins et réguliers au sommet.

Le Trias comprend les cinq niveaux classiques dans cette région : d'abord deux niveaux siliceux; une épaisse série de conglomérats et de quartzites blancs parfois roses ou verts (1), reposant directement sur le Permien et supportant un niveau de schistes rouge violacé (2), analogues au Permien, mais de teinte plus claire; puis trois niveaux dolomitiques : des « cargneules inférieures » jaunes (3) généralement peu développées, une épaisse série de dolomies et de calcaires sombres (4) surmontée par la formation des « cargneules supérieures » dans lesquelles s'intercalent des récurrences peu importantes de dolomies et de grès (5). Le passage au Jurassique se fait par un mince niveau de grès jaunes et de schistes noirs (Rhétien ??), supportant les calcaires noirs (Hettangien ?) subordonnés au Lias à Gryphées (Sinémurien). Au-dessus vient la série marneuse, avec niveaux calcaires qui s'étend jusqu'au Jurassique supérieur.

Les rapports de ces divers éléments ont été fortement affectés par l'orogénie alpine : on constate en effet que le Permien et le Trias siliceux qui le surmonte sont plissés en une douzaine de synclinaux très serrés, sensiblement verticaux, orientés NW-SE et séparés par autant d'anticlinaux plus ou moins développés; cet ensemble s'abaisse, rapidement du NE, où il occupe les crêtes (Fraccia de Roure 1804^m) [2], vers le SW, où il disparaît sous les éléments supérieurs, à l'altitude de Roubion (1300^m). Localement, au cœur de certains de ces synclinaux, on trouve des lames écrasées de cargneules jaunes et de dolomies sombres appartenant au Trias dolomitique (SE de Bosset, N de Roubion, SW de Cerise, W de Roure, SE de Saint-Sauveur). Cet ensemble est de plus recoupé par trois décrochements transversaux NE-SW qui ne semblent pas affecter beaucoup les éléments superposés (S du mont Longon, W du mont Sellier, E de Roubion).

Reposant sur cette série par un contact anormal d'allure très régulière, on trouve à nouveau le Trias dolomitique, mais complet et replié sur lui même en grands plis déversés vers l'W jusqu'à l'horizontale (plis en « S » du mont Longon, synclinal, couché de la tête de Falcon); au front de ceux-ci, les cargneules supérieures constituent de larges affleurements dans lesquels ne se distingue plus aucune géométrie (haute vallée du Vionène à l'W de Vignols, région de Villar-les-Bouisses à l'W de Roubion). Sur ces cargneules repose le Jurassique tout à fait tranquille, faiblement incliné vers l'W et complètement étranger aux plissements qu'il surmonte.

---

(1) Séance du 10 février 1946.

(2) *Renseignement topographique des plans directeurs au* 1/20000, *feuilles Saint-Étienne-de-Tinée* 6 et 7, Puget-Théniers 2 et 3.

Cette structure met en évidence :

1° le plissement intense du Permien et du Trias inférieur, contrairement à ce que l'on constate plus à l'Ouest, dans la région du dôme de Barrot (³);

2° l'indépendance tectonique complète, déjà notée, du Trias dolomitique entre le Trias inférieur plissé qui le supporte et le Jurassique tranquille qui le surmonte.

Mais il faut admettre ici que la mise en place de ce dispositif s'est faite en deux phases, dont la distinction est du reste peut-être purement logique :

1° plissement harmonique du Permien et du Trias complet mais n'affectant pas la couverture jurassique; la série dolomitique se trouve prise dans les synclinaux; le décollement se produit au niveau des cargneules supérieures;

2° cisaillement de la série dolomitique au niveau des sommets anticlinaux du Trias siliceux, par exagération de l'effort tangentiel; celle-ci glisse en avant sur les cargneules inférieures et ses plis se déversent jusqu'à l'horizontale.

Ces faits peuvent s'expliquer si l'on admet un glissement en bloc de la série jurassique et de tout ce qui lui était superposé : Crétacé et Tertiaire, au total plus de mille mètres, peut-être même redoublé tectoniquement. Celle-ci, en avançant, a plissé, écrasé et entraîné sous elle Trias et Permien.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur l'application du mécanisme de Wilson aux nuages orageux.* Note de M. **Jean Bricard**, présentée par M. Charles Maurain.

Nous admettons que la formation d'un nuage orageux s'accompagne, dans sa moitié inférieure, de la production d'un nombre élevé de porteurs de charges des deux signes (effets Lenard, Findeisen, Faraday) (¹) que nous assimilerons à des gros ions, les plus nombreux étant chargés négativement. A la partie supérieure de cette région, le champ est dirigé vers le bas, et sa valeur est plus élevée que celle du champ électrique normal de l'atmosphère.

Soit une goutte d'eau de rayon r soumise à un champ électrique h dirigé vers le bas, tombant dans un milieu comportant à la fois des ions positifs et négatifs. Si sa vitesse de chute est supérieure à celle des ions positifs sous l'action du champ, elle peut acquérir par le mécanisme de Wilson une charge limite qui ne dépassera pas la valeur $Q = -\alpha h r^2$; s'il n'y a que des ions négatifs, d'après M. Pauthenier et M^me^ Moreau-Hanot (²), on trouve que $\alpha = 3$, en supposant la goutte conductrice. Si les concentrations en ions des deux signes sont égales. Whipple et Chalmers (³) ont montré que $\alpha = 0{,}515$. Un calcul

(³) P. Bordet, *Comptes rendus*, 217, 1943 p. 485,

(¹) J. Coulomb, *La Météorologie*, 3^e^ série, 43, 44, 45, 1943, p. 57.

(²) *Journ. de Phys.*, 8^e^ série, 3, 1932, p. 590.

(³) *Quart. Journ. Roy. Mét. Soc.*, 70, 1944, p. 103.

facile montre qu'une charge voisine de celle-ci ne peut être captée dans un intervalle de temps raisonnable si la concentration ionique n'est pas très élevée (pour que la moitié de la charge limite soit atteinte en moins d'une demi-heure, dans le second cas par exemple, la concentration en ions de chaque signe doit atteindre 10^6 par centimètre cube).

Dans ces conditions, une goutte de masse m, possédant une charge électrique q, est soumise à l'action de la pesanteur (soit mg), à l'action du champ (soit qh), dirigée en sens contraire de la précédente, et aux forces de viscosité. Soit η le coefficient de viscosité ($\eta = 1,77.10^{-4}$); la goutte tombe par rapport à l'air avec sa vitesse limite de chute v quand il y a équilibre entre ces trois forces, soit

$$6\pi r\eta v = mg - qh. \tag{1}$$

Soit K la mobilité des gros ions présents (admettons $K = 10^{-4}$ cm/sec et par volt/cm); si la charge ainsi acquise par la goutte est responsable du champ qui règne dans le nuage, celui-ci ne pourra pas dépasser la limite H qui sera atteinte quand la vitesse KH des ions positifs sous son action sera égale à la vitesse de chute des gouttes, les deux vitesses étant prises par rapport à l'air. Cette limite supérieure est déterminée par

$$6\pi r\eta \mathrm{KH} = mg - \alpha \mathrm{H}^2 r^2. \tag{2}$$

Les nuages sont constitués par des gouttelettes d'eau dont le rayon moyen est compris [4] entre 4^μ et 10^μ. Supposons qu'il y ait un nombre égal d'ions de chaque signe ($\alpha = 0,515$); pour $r = 4^\mu$, on trouve que H est voisin de 550V/cm; si $r = 10^\mu$, il atteint 850V/cm.

Ces valeurs sont plus élevées que celles trouvées par Simpson et Scrase [5] par sondages directs dans les nuages orageux et confirmées par Simpson et Robinson [6], valeurs qui dépassent rarement 100V/cm; il ne faut pas oublier qu'elles représentent des limites supérieures, et que, pour les calculer, nous nous sommes placé dans le cas le plus défavorable : s'il n'y avait que des ions négatifs ($\alpha = 3$), pour $r = 4^\mu$ on trouverait que H est voisin de 200 V/cm, et qu'il atteint 350 V/cm pour $r = 10^\mu$. D'ailleurs Simpson et Robinson admettent que le champ à l'intérieur des nuages orageux peut avoir, par endroits des valeurs supérieures à celles qu'ils ont enregistrées, et proposent un modèle de nuage type avec une répartition de charges telle que le champ pourrait y atteindre 3000 V/cm. On peut donc en conclure que l'application du mécanisme de Wilson aux gouttelettes nuageuses, invoqué par Coulomb et Loisel [7] pour

(4) J. Bricard, *La Météorologie*, 1943, p. 57.
(5) *Proc. Roy. Soc.*, **161**, 1937, p. 309.
(6) *Proc. Roy. Soc.*, **177**, 1941, p. 281.
(7) *La physique des nuages*, 1939, p. 213.

expliquer l'origine du champ électrique du cumulus, permet aussi d'interpréter celle du champ général qui règne dans les nuages orageux.

Il paraît légitime d'appliquer le même raisonnement à des particules solides. Si nous sommes en présence de grêlons sphériques de 1^{cm} de rayon, et de densité 0,8, nous trouvons que pour $\alpha = 0,515$, le champ dû à la présence de ces grosses particules peut atteindre une valeur voisine de 27000 V/cm, et que, pour $\alpha = 3$, cette valeur est de l'ordre de 10000 V/cm, valeur à partir de laquelle peuvent se produire les décharges lumineuses. On peut donc, avec J. Coulomb (4), attribuer au mécanisme de Wilson les accroissements locaux du champ qui produisent les décharges lumineuses, et les rattacher à la présence dans le nuage de particules de dimensions élevées qui se manifestent généralement au cours des précipitations orageuses.

Macky (5) a montré que dans un champ de l'ordre de 10000 V/cm, seules pouvaient exister des gouttes de rayon inférieur à $0^{cm},15$. Une application de la relation (2) aux gouttes d'eau ne peut conduire qu'à de très grossières approximations, étant donné les conditions dans lesquelles elles se trouvent. Elle montre cependant que le champ limite dû à la présence de ces gouttes ne peut pas dépasser 10000 V/cm. Étant donné qu'il s'agit d'une valeur limite, et que sa valeur réelle doit être inférieure à celle-ci, on peut penser que la présence des gouttes d'eau liquide au sein des nuages orageux est de moindre importance que celle des particules solides, en ce qui concerne l'origine des décharges lumineuses.

BOTANIQUE. — *Sur la valeur taxonomique des lodicules ou glumellules de l'Orge* (Hordeum sativum Jess). Note (1) de M. PIERRE BERGAL, présentée par M. Louis Blaringhem.

La classification botanique du genre *Hordeum*, basée jusqu'à maintenant sur la compacité de l'épi, excellente pour les types extrêmes, a très peu de valeur pour les types intermédiaires.

Nous avons poursuivi (2) l'étude des lodicules sur un matériel important, soit sur plus de 400 variétés, toutes en lignées pédigrées, séparé les variétés en deux groupes très distincts, aussi bien chez les Orges à deux rangs que chez les Orges à six rangs. Ce qui nous a permis, en outre, de mettre en évidence et de confirmer la valeur de la loi de Vavilöf sur les séries homologues.

Avec le lodicule, il n'y a pas d'hésitation; les deux groupes sont bien tranchés; la dimension de l'organe varie du simple au triple, en moyenne

---

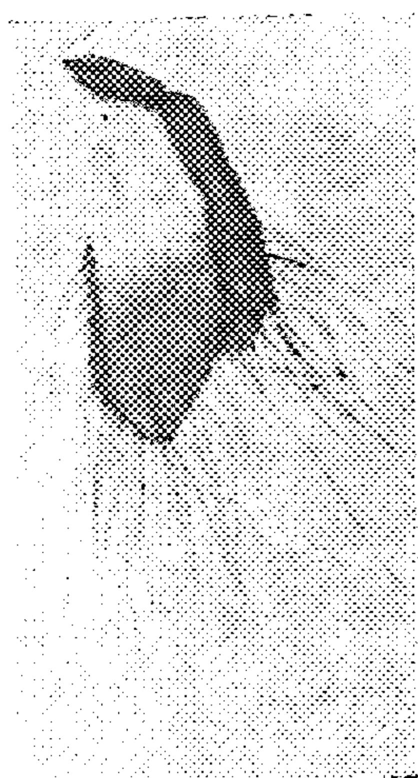
(5) *Proc. Roy. Soc.*, 118, 1931, p. 565.

(1) Séance du 3 février 1947.

(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 828.

$0^{mm^2},35$ pour les petits lodicules et $0^{mm^2},75$ pour les grands lodicules jusqu'à plus de 1^{mm^2} pour les très grands. Il n'est d'ailleurs pas besoin de faire des mensurations de surface pour discriminer les deux groupes. Le mode d'insertion, la forme, les dimensions du lodicule, permettent à un bon observateur de séparer facilement, à l'œil, ces deux catégories, qui sont les types (*fig.* 1) : à grands lodicules : *Latisquamose* ; à petits lodicules : *Parvisquamose*.

Fig. 1.



Latisquamose.

Parvisquamose.

Compactum.

Dans l'ensemble, toutes les variétés du type *latisquamose* sont à épi lâche, celles du type *parvisquamose* à épi compact. Dans la précédente communication ([2]), nous avions précisé que quelques variétés du type *erectum* (compact à petits lodicules) faisaient exception, car ces variétés présentaient de grands lodicules. L'ampleur du matériel étudié nous a montré qu'il existait un grand nombre de variétés de ce type, avec, surtout, une forme tout à fait spéciale de l'organe, ce qui nous permet de dissocier le type *erectum* et d'en séparer un autre groupe bien distinct que nous appellerons : type *compactum* (*fig.* 1).

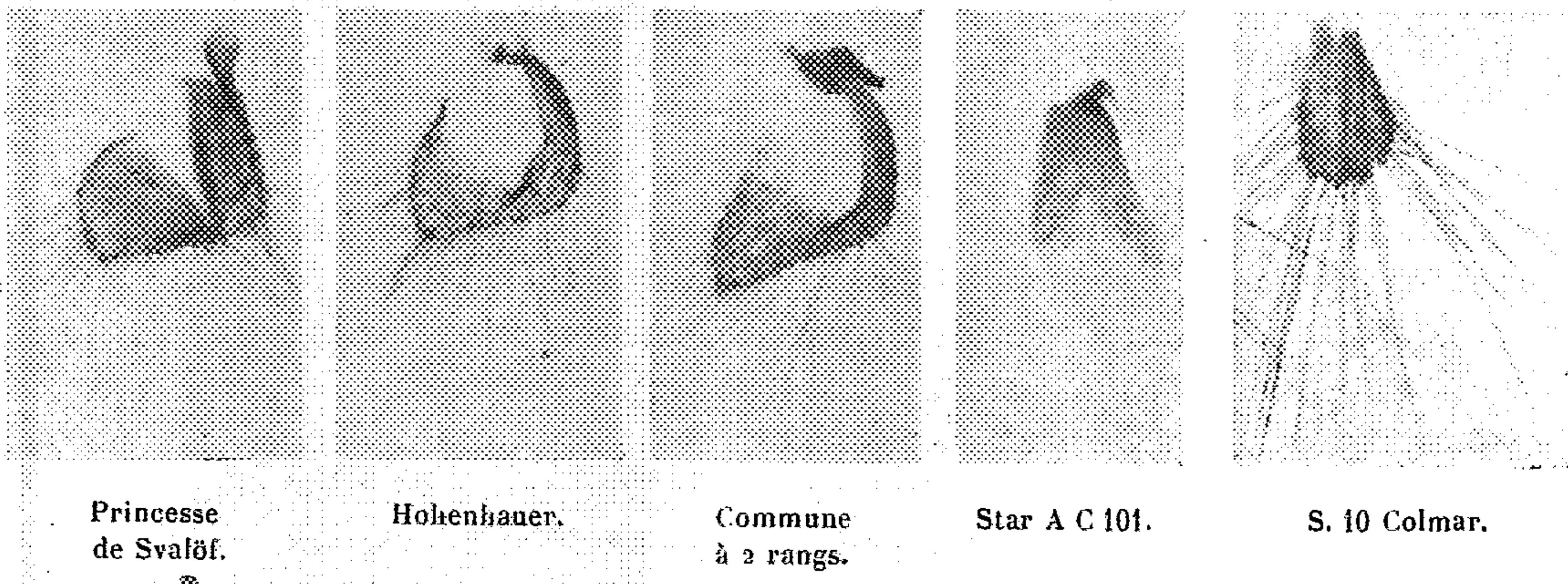
On retrouve d'ailleurs la même constatation chez le type très compact *zeocrithum*, que nous avons également dissocié pour faire un nouveau groupe : le type *zeocompactum*.

La valeur du lodicule, en tant que caractère taxonomique, se trouve renforcée par d'autres observations importantes du point de vue morphologique. Pour les variétés du type *latisquamose*, le lodicule est séparé par une sorte de nervure plus ou moins épaisse partant du point d'insertion. Pour celles du type *parvisquamose*, au contraire, il y a absence totale de nervure. La coloration permet également de différencier toujours ces deux mêmes groupes, uniforme chez *parvisquamose*, discontinue chez *latisquamose*. Dans ce dernier cas, le lodicule

présente une zone non colorée bien limitée par la nervure, et surtout au voisinage du point d'insertion du lodicule.

Enfin, une observation physiologique importante renforce encore la valeur de ce caractère. Il y a une corrélation étroite entre les deux groupes que nous avons créés et le type de floraison. Toutes les variétés du type *latisquamose* ouvrent leurs glumollules. Toutes celles du type *parvisquamose* sont cléistogames. En fait, il s'agit plus d'un mode de floraison différent que d'un phénomène de cléistogamie pure. Les *latisquamose* ont une floraison parfaitement visible, avec un très grand allongement des filets staminaux et sortie des anthères. Les *parvisquamose*, au contraire, ont une floraison « interne » sans allongement des filets staminaux ni saillie des anthères.

Fig. 2.



Princesse de Svalöf. — Hohenhauer. — Commune à 2 rangs. — Star A C 101. — S. 10 Colmar.

Toutes ces observations sont valables en France pour des milieux et des années différents. La grande diversité de la forme du lodicule, propre à chaque variété, nous a permis de faire une classification basée sur le seul examen du grain (*fig.* 2). Cette classification est en particulier intéressante chez les variétés du type *polystichum*, où toutes les fleurs étant fertiles, il n'est plus possible de se servir des caractères héréditaires très importants observables sur sur les épillets restés stériles chez les variétés du type *distichum*.

MYCOLOGIE. — *Sur les propriétés abiotiques* in vitro *du mycélium végétatif de* Tuber melanosporum. Note (1) de M. JEAN CHAZE, présentée par M. Joseph Magrou.

Les propriétés abiotiques que présente le mycélium de *Tuber melanosporum* envers certaines Bactéries sont mises en évidence par les expériences suivantes. Dans des milieux liquides et stérilisés (solutions de malt, bouillons de carottes, de pommes de terre, etc.), on ensemence :

(1) Séance du 10 février 1947.

1° Des Bactéries du sol, obtenues à partir d'une fine particule de terre prélevée dans un terroir truffier. Le développement bactérien est rapidement très abondant; il se traduit au sein du liquide par un trouble intense, de couleur laiteuse, accompagné ou non de dépôts floconneux ou granuleux, parfois même d'un dégagement gazeux. Ces divers comportements sont l'indice d'une population bactérienne formée d'espèces très diverses.

2° Le mycélium de *Tuber melanosporum* obtenu antérieurement en culture pure ([2]); les filaments résultant de la croissance, qui est rapide, sont au début de couleur blanchâtre pour les hyphes immergées, mais dès qu'ils atteignent la surface libre, ils prennent une teinte noirâtre caractéristique de toute la partie émergée. Toutefois, dans le bouillon de Carottes, le liquide de Raulin, le noircissement peut être plus précoce. Le milieu de culture demeure toujours limpide.

De telles cultures mycéliennes sont infectées par une goutte de la culture bactérienne, et ceci aux divers stades de développement du Champignon. On obtient alors les résultats suivants :

a. Dans les cultures jeunes, de deux à huit jours environ, les Bactéries se développent, donnant un trouble accentué, le mycélium est définitivement arrêté dans sa croissance.

b. Dans les cultures plus âgées, du dixième au vingtième jour suivant le milieu nutritif, à un stade correspondant approximativement à l'apparition des filaments noirs, les Bactéries n'altèrent plus la limpidité du liquide; si une légère opalescence se fait jour au début, elle ne tarde généralement pas à disparaître. Le développement bactérien est donc devenu impossible.

c. Dans les cultures très âgées, de un à sept mois, l'infection bactérienne peut, soit être sans action, soit provoquer un léger trouble permanent, soit enfin, dans quelques très rares cas, donner une prolifération bactérienne intense.

3° Les filtrats des milieux favorables ensemencés avec le mycélium se comportent d'une façon analogue, toutefois le pouvoir abiotique n'est jamais aussi prononcé que dans les essais précédents. L'ensemencement d'un petit fragment mycélien est suivi dès le début de la reprise de sa croissance d'une clarification très nette du milieu.

Un nombre plus restreint d'essais ont porté sur deux Bactéries saprophytes : *B. anthracoides*, *B. mesentericus* (souches de l'Institut Pasteur); les résultats ont été analogues aux précédents. Les cultures transportées de Clermont-Ferrand à Paris et sur lesquelles H. Velu a expérimenté à notre demande, n'ont présenté aucun pouvoir abiotique envers les Bactéries pathogènes de l'Homme et des animaux.

Les propriétés abiotiques du mycélium ne paraissent pas dépasser la bactériostase, car un nouveau repiquage en milieu vierge des liquides infectés et

([2]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 2099.

demeurés limpides, est suivie d'une prolifération bactérienne qui est toujours moins prononcée que dans le cas d'un ensemencement direct. Enfin, les cultures mycéliennes ou leurs filtrats, soumis à l'action de la chaleur (120° pendant vingt minutes) ne présentent plus aucun pouvoir abiotique.

De cette première série d'essais, il résulte que le mycélium de *Tuber melanosporum*, et le filtrat des liquides où il s'est développé, présentent une action abiotique qui a surtout été étudiée envers les Bactéries des sols truffiers. Comme dans des cas similaires, le produit élaboré est très instable; son pouvoir est fonction de nombreux agents : de l'âge de la culture, de son aération, de la nature et de la concentration du milieu nourricier; il est plus prononcé dans les liquides à faible concentration, et c'est dans le bouillon de carottes qu'il paraît être le plus marqué. Les autres liquides utilisés : milieux organiques additionnés de sels minéraux divers, liquide de Raulin pur ou modifié, ne donnent que des résultats nuls ou douteux. Quant au liquide de Coghill, qui assure une élaboration intense de l'abiotique de *Penicillium notatum*, il n'est pas favorable à la croissance de notre champignon.

Bien que ces résultats, qui ont porté sur un millier d'essais, soient encore imprécis, ils n'en présentent pas moins un intérêt certain dans le domaine de la production truffière, et ils vont permettre une orientation nouvelle aux recherches que nous poursuivons dans ce sens depuis 1939. Quant à l'utilisation thérapeutique de cette espèce fongique, il est impossible, sans de nouvelles et longues expérimentations, de se prononcer à son sujet.

Signalons enfin, que le comportement du mycélium truffier est analogue à celui que nous avons mis en évidence avec Sarazin ([3]) pour *Psalliota campestris*, qui inhibe *in vitro* le développement de son parasite *Mycogone perniciosa*, mais dont l'action antibactérienne n'a pas été étudiée. Il y a sans doute là une propriété commune à toutes les espèces fongiques susceptibles de provoquer la dénudation du sol, dénudation qui, dans le cas de la truffe, est de beaucoup la plus importante et la plus durable, puisqu'elle est totale et persiste pendant toute la durée de la productivité des truffières, soit environ pendant vingt ans.

ÉCONOMIE RURALE. — *Premier essai de fabrication de sauce de Soja.* Note de M. **Kuo-Chun Chin** et M^me^ **Nicole Noel**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La fabrication des sauces à base de Soja fermenté (choyou des japonais, Tchiang-yeou des chinois), constitue une des grandes industries de l'Extrême-Orient.

C'est un condiment liquide dont la consommation annuelle en Chine est considérable. Avant les hostilités le Japon avait 10.634 usines de choyou qui

([3]) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 10^e^ série, 18, 1936, pp. 1-84.

en fabriquaient 350 millions de litres par an. On l'importe en Amérique, aux Indes et en Europe. En Amérique, on le fabrique déjà; une usine a été créée en 1932, deux autres en 1936. Il est moins connu en France qu'en Angleterre.

De nombreux essais infructueux ont été tentés. Nous avons repris les essais nous-mêmes en 1946. Nous avons fait cuire pendant 4 heures les grains de Soja, préalablement gonflés par une immersion de 24 heures dans l'eau; puis le produit de la cuisson a été mélangé à de la farine de Blé dans les proportions de 5^kg de grains secs pour 2^kg de farine, pâte qui a été étendue en couches minces avant de la livrer à la moisissure dans une cave.

Après une première évaporation d'une durée de deux semaines, cette pâte donna une masse veloutée d'un bleu verdâtre, épaisse et profonde. Au début de septembre, cette moisissure fut transportée à Toulon (Var) et, mélangée à de l'eau très salée et à saturation, puis exposée au soleil dans des jarres. Au cours des deux mois qui suivirent, les matières azotées se décomposèrent, la masse devint fluide, brunit et acquit l'arôme qui caractérise la sauce de Soja. Après dilution selon les goûts un liquide d'un brun limpide fut obtenu, fortement salé et de saveur agréable; c'est le condiment chinois, employé à l'assaisonnement des aliments, viandes et légumes. Il relève admirablement les sauces en leur communiquant un goût de jus de viande apprécié non seulement des extrême-orientaux, mais des français.

Nous avons examiné le produit obtenu par fermentation au soleil, avant la dilution dans les essais poursuivis à Toulon.

	%.
Eau	55,6
Résidu sec	44,4

Le résidu sec, à son tour, a permis à M^me Nicole Noel, chef de service au Laboratoire de Chimie des Établissements Vilmorin, d'en faire l'analyse :

	%.
Cendres	33,5
Matières grasses (Kumagawa)	15,2
Azote protéidique	4,6
Protéines (4,6×6,0)	27,6
Sucres réducteurs	néant
Sucres hydrolysables	néant

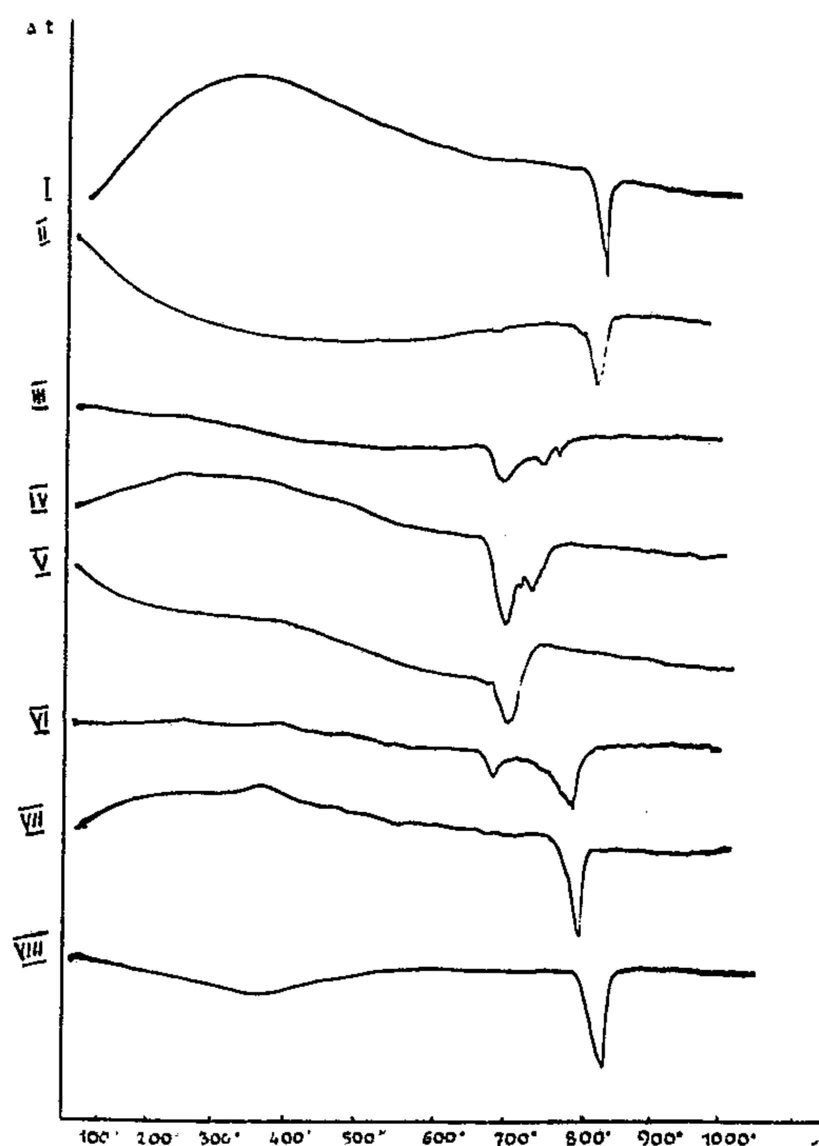
Le premier auteur européen qui a parlé de la fabrication du choyou est Kæmpfer. Puis elle a été étudiée par Stiff (1889), Belohoubeck (1890) et Kellner (1895). Tahara, Kitao, Suzuki, Azo, Mitarai et d'autres auteurs japonais ont étudié en détail la constitution chimique du choyou.

CHIMIE AGRICOLE. — *Observations sur le comportement thermique des mélanges de sels de sodium et de potassium.* Note [1] de M^{lle} **Simonne Caillère** et M. **Stéphane Hénin**.

Au cours d'un travail ayant pour objet l'étude thermique des constituants des engrais, nous avons été amenés à comparer les diagrammes thermiques obtenus avec certains sels purs et la courbe thermique de leur mélange.

Cet examen fait apparaître une différence sensible entre la température à laquelle se situe la transformation du produit pur et celle du mélange. Nous indiquerons dans cette Note les résultats de l'étude des mélanges de sels de sodium et de potassium.

Les courbes d'analyse thermique du chlorure de sodium (courbe I) et du



chlorure de potassium (courbe VIII) sont caractérisées par une inflexion endothermique se manifestant vers 800°. Cet accident correspond à la fusion du sel, et comme ce phénomène se produit sensiblement à la même température dans les deux cas, on ne peut distinguer ces deux substances d'après leur courbe thermique. Si l'on effectue l'analyse thermique d'un mélange naturel de ces deux sels, on constate que la courbe présente deux crochets, un petit à 660° et un grand vers 700°. Ces deux accidents sont donc nettement au-dessous de la température de fusion des constituants du mélange.

---

[1] Séance du 10 février 1947.

Nous avons alors effectué l'analyse thermique de mélanges artificiels de teneurs variables en ces deux produits. La présence de 2 % de KCl donne une courbe à deux crochets : un petit à 660° et un grand vers 790° (courbe II).

A mesure que la teneur KCl du mélange croît (20 % courbe III, 30 % courbe IV), on voit que le premier crochet augmente, la température à laquelle il apparaît restant constante. Au contraire, le second crochet décroît en même temps que s'abaisse sa température. A partir de 40 % (courbe V), il n'y a plus que le crochet à 660°. Puis lorsque la teneur en KCl s'accroît encore, on voit à nouveau apparaître deux inflexions (90 % courbe VI, 98 % courbe VII); pendant que le crochet à 660° décroît, le second augmente et sa température s'élève à mesure que la teneur en KCl croît.

Ces résultats s'interprètent en se reportant au diagramme d'équilibre des mélanges de KCl et NaCl fondus ([2]). On sait en effet que le mélange à 55 % KCl fond à 660°, ce qui correspond à nos déterminations. Le fait qui nous semble original, c'est que ce mélange se soit constitué par diffusion des ions à l'intérieur des cristaux. Cette interprétation s'impose puisque partant d'un mélange de sels purs, n'ayant pas encore subi la fusion, ceux-ci se comportent comme des cristaux mixtes.

Ce phénomène paraît d'ailleurs très général, car nous avons constaté que des mélanges de sulfate, de nitrate, soit entre eux, soit avec des chlorures, manifestaient également un comportement très différent de celui des corps purs. En particulier, signalons qu'un mélange SO_4K_2, NO_3Na a donné une courbe thermique qui, au lieu de manifester un crochet endothermique vers 400°, présente un phénomène exothermique vers 800°. Ces résultats sont probablement à rapprocher de ceux signalés par Y. Schwob ([3]) au sujet de la décomposition de la dolomie en présence du carbonate de sodium.

PHARMACODYNAMIE. — *Action des amides et en particulier du* N-N-*diéthylacétamide dans la prévention du choc traumatique du Rat.* Note de MM. **Daniel Bovet**, **Robert Jacob**, **René Ducrot** et Mme **Simone Courvoisier**, présentée par M. Marcel Delépine.

La notion de choc recouvre des états cliniques d'étiologies très variées et souvent obscures, dont l'existence pose à l'expérimentateur un problème thérapeutique d'une exceptionnelle importance. L'ayant, depuis 1937, abordé par l'étude qui paraissait la plus aisément accessible des chocs histaminiques et anaphylactiques, il nous a paru tentant d'en considérer d'autres aspects encore.

Les hypothèses si précises formulées en premier lieu par Quénu et par Cannon sur l'origine toxique du choc consécutif aux plaies de guerre, de même

---

([2]) P. Pascal, *Traité de Chimie minérale*, 6, fasc. 1. Paris, 1934, p. 132.
([3]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 47.

que la possibilité d'user de certaines techniques récentes d'une simplicité et d'une précision remarquable, nous ont alors orientés vers l'étude du choc traumatique expérimental.

Nous avons récemment indiqué (¹) que le choc traumatique du Rat pouvait être, dans une large mesure, prévenu par l'injection d'un polymère de la polyvinylpyrrolidone d'un poids moléculaire moyen d'environ 30000, dont l'emploi a été préconisé par Hecht et Weese comme substituant du sérum dans le traitement des grandes hémorragies.

Au cours de recherches entreprises en vue d'élucider le mécanisme de cet effet de la polyvinylpyrrolidone nous avons eu la surprise de constater l'activité de plusieurs amides. Le N-N-diéthylacétamide $CH_3.CO.N(C_2H_5)_2$, qui représente un des termes les plus simples de la série, permet aussi de réaliser vis-à-vis des effets du choc traumatique expérimental une protection caractéristique.

C'est à Hildebrand (²) que nous sommes redevables des premières données concernant les propriétés pharmacodynamiques de ce produit qui se montre très peu toxique. L'injection au Lapin est suivie d'une exagération des réflexes, puis de dépression. Chez la Souris, par voie sous-cutanée, $0^g,03$ restent sans effet, $0^g,05$ provoquent de violents phénomènes convulsifs. Dans nos essais la dose léthale par voie intrapéritonéale pour la Souris est voisine de 3 g/kg.

De même que dans nos expériences antérieures nous avons provoqué chez le Rat un choc traumatique par la méthode de Noble et Collip. Le N-N-diéthylacétamide a été administré par voie intrapéritonéale à la dose de 0,2 et 0,5 g/kg d'animal, une heure avant le choc. Sur 40 animaux témoins on observa une seule survie définitive tandis que 13 rats (32 %) survivaient sur les 40 animaux protégés, puis soumis à un choc identique. En réunissant les résultats des différents essais on a trouvé que la durée de la survie qui était en moyenne de 3 heures 24 minutes chez les témoins, atteignait 10 heures 50 minutes pour les Rats traités.

L'activité antitraumatique d'autres dérivés de substitution de l'acétamide a été également examinée. Le N-méthylacétamide et le N-N-diméthylacétamide sont inefficaces, alors que le N-éthylacétamide et le N-isopropylacétamide manifestent des effets caractéristiques quoique moins marqués que ceux du N-N-diéthylacétamide.

Considérant les amides des acides peu élevés, on a reconnu l'action protectrice dans le choc du N-N-diéthylpropionamide et du N-N-diéthyl éthyl-2 butylamide, ainsi que du N-éthyldiacétamide.

On a constaté 8 survies définitives (33 %) sur 24 rats traités par le N-N-diéthylpropionamide, tandis qu'il ne demeurait aucun survivant (0 %)

(¹) D. Bovet, S. Courvoisier et R. Ducrot, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 70.

(²) *Arch. exp. Path. Pharmakol.*, 54, 1905, p. 125.

dans le groupe des 24 animaux témoins. La durée moyenne de la survie, de 2 heures 10 minutes pour les non protégés est de 11 heures 30 minutes pour les protégés.

L'α-pyrrolidone, qui peut être considérée comme un amide hétérocyclique, la N-éthylpyrrolidone et la N-acétylpyrrolidone manifestent également une certaine action; il paraît possible dès lors d'attribuer à la présence de ce noyau dans la polyvinylpyrrolidone une partie des effets thérapeutiques du polymère.

BIOLOGIE. — *Œstrus sans maturité folliculaire chez la Taupe* (Talpa Europaæ *L.* Note de M. **René Godet**, présentée par Maurice Caullery.

La Taupe n'a qu'une gestation par an. La période d'activité sexuelle est très courte. Elle débute en mars chez les femelles les plus précoces, et se termine en juin. Extérieurement, cette activité est marquée par l'ouverture de l'orifice vaginal pendant le proœstrus et par la fermeture du vagin aussitôt après la lactation. Pendant toute la période de repos, de juin à mars suivant, le tractus génital reste involué, le vagin n'étant alors indiqué que par une cicatrice souvent auréolée d'une pigmentation périnéale.

Or, nous avons capturé, au début décembre, deux Taupes dont l'orifice vaginal était largement ouvert. L'examen externe, confirmé par un frottis, indiquait un œstrus intense. Une étude sur coupes, des deux sujets, a été faite.

La partie ovigère de l'ovaire (segment externe) possède de nombreux follicules primordiaux, principalement localisés au voisinage de l'épithélium cortical. Certains ont subi une dégénérescence hyaline de tous leurs éléments. Les follicules jeunes, pourvus de 2 à 4 couches de cellules granuleuses, mais sans antrum, sont pour la plupart en voie d'atrésie ou au terme de cette évolution. Cette transformation est ici particulièrement caractérisée par une hypertrophie de la thèque interne et une dégénérescence pigmentaire de la granulosa. Il n'y avait *aucun follicule cavitaire* dans l'ensemble des ovaires étudiés. Quelques ilôts de cellules interstitielles sont dispersés dans le stroma cortical.

La partie médullaire de l'ovaire (segment externe) montre un tissu interstitiel bien développé, irrégulièrement éosinophile, à cellules d'allure spongiocytaire, entre lesquelles se répartissent des cordons moins chromophiles bien individualisés.

Les voies génitales sont en état d'œstrus : hypertrophie générale, métaplasie épidermoïde et squames abondants au niveau du vagin.

Le clitoris a subi un virilisme très net, les lames du repli balano-préputial s'étant clivées et fortement kératinisées.

Les glandes annexes, homologues de la prostate et des glandes de Cowper du mâle sont hypertrophiées.

J. Wood (1914) (¹) a décrit une Taupe, capturée en novembre, dont l'orifice vaginal était incomplètement fermé; mais cet auteur n'indique pas l'état des ovaires et du tractus génital interne.

L. Harrison-Mattehws (1935) (²), n'ayant point trouvé d'exemplaire semblable, malgré le nombre élevé de ses captures, pense que l'ouverture observée par J. Wood devait être due à un accident de manipulation ou à une macération *post-mortem*.

Les Taupes que nous avons observées l'ont d'abord été à l'état vivant, et l'étude histologique révèle indiscutablement que la Taupe peut présenter d'une façon exceptionnelle des phénomènes d'œstrus au mois de novembre. L'état des ovaires fait d'ailleurs rejeter l'hypothèse de la possibilité d'une seconde gestation à la fin de l'année.

Nous rapprochons ces faits de ceux décrits par R. Courrier (1922) (³), chez la Pipistrelle, en précisant que, chez la Taupe, l'œstrus est tout à fait exceptionnel à cette époque. On ne saurait d'autre part concevoir de rapprochement sexuel avec le mâle, pour ces individus en rut anormal, puisque les voies génitales et les glandes annexes, chez celui-ci, sont complètement involuées au début de décembre.

Il nous paraît intéressant de noter que, dans les deux cas ci-dessus, l'œstrus s'accompagnait d'un virilisme accentué.

En résumé, deux Taupes capturées au début de décembre, c'est-à-dire à une époque qui correspond à la période normale du repos sexuel, montrent des ovaires dont les follicules sont dépourvus d'antrum. Cependant ces individus sont en état d'œstrus. Il existe, en outre, un virilisme net, marqué par le clivage des lames du replis balano-préputial et l'hypertrophie des glandes annexes.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Influence du benzopyrène sur la régénération des ébauches de membres chez le têtard de Crapaud accoucheur.* Note de MM. **Maurice Lecamp** et **Michel Delsol**, présentée par M. Maurice Caullery.

A la suite de cancérisation expérimentale par le méthylcholanthrène, Schewtchenko (¹), chez l'Axolotl, a montré que la régénération d'un membre n'était pas influencée par la présence d'une tumeur développée à côté du régénérat. A l'encontre, Tokin (²), par badigeonnage au goudron de l'extré-

(¹) *Proc. Zoo. Soc.*, London, 1914, p. 191-216.
(²) *Proc. Zoo. Soc.*, London, 1935, pp. 1-476.
(³) R. Courrier, *C. R. Soc. Biol.*, 87, 1922, p. 1365.

(¹) *C. R. Acad. Soc. U. R. S. S.*, 31, 1941, p. 507.
(²) *C. R. Acad. Soc. U. R. S. S.*, 29, 1940, p. 519.

mité du membre sectionné, inhibe la régénération. Il s'agit, là, d'actions locales directes. Dans l'expérience que nous exposons ici, nous nous sommes appliqués à agir indirectement, supposant que le tissu de régénération était particulièrement sensible à une substance cancérigène. Nous avons utilisé des Têtards de Crapauds accoucheurs (*Alytes obstetricans*). La régénération a été provoquée par ablation totale d'un des bourgeons des membres postérieurs. Ces bourgeons étaient au stade de boutons légèrement coniques. Différents lots d'individus ont été constitués. Chaque têtard a reçu, dans la cavité générale, une injection de 1/160 de centimètre cube d'huile d'olive contenant un taux de 3.4-benzopyrène précisé plus loin dans le détail. Notre expérience a été scindée en deux parties. Dans la première, la régénération a été provoquée cinq jours avant l'injection; dans la seconde, l'injection a été faite à des temps variables avant la régénération.

Première expérience : 1er lot ([3]), huile d'olive contenant 8mg de benzopyrène par centimètre cube.

2e lot, 27mg de benzopyrène par centimètre cube.

3e lot, huile d'olive pure.

4e lot, pas d'injection, régénération seule.

5e lot, semblable au lot n° 1, mais sans régénération.

Dans le lot n° 1, nous avons constaté 5 cas de non-régénération et 2 où il ne s'est formé qu'un moignon de membre basal très court, massif, terminé par un appendice, lui aussi, très court et grêle, ne rappelant en rien un segment quelconque normal de membre. Dans le 2e lot, un seul cas de non-régénération a été observé. Pour tous les autres, la régénération a été normale.

Deuxième expérience : 6e lot, 8mg de benzopyrène par centimètre cube, régénération provoquée 15 jours après l'injection.

7e lot, *idem*, régénération 5 semaines après injection.

8e lot, benzopyrène à 27mg par centimètre cube, régénération 15 jours après injection.

9e lot, semblable au 8e, mais régénération 5 semaines après.

10e lot, semblable au 6e, régénération 2 mois après.

11e lot, semblable au 8e, régénération 2 mois après.

12e lot, régénération sans injection.

Pour tous ces lots, nous n'avons constaté aucune influence de la substance injectée; la régénération a été normale dans tous les cas.

En conclusion, le benzopyrène ne s'est pas montré cancérigène sur les bourgeons de membres en régénération; nous ne retiendrons que son action possible, à la concentration de 8mg par centimètre cube, dans une faible proportion (lot n° 1), dans le sens d'un empêchement, ou d'une perturbation de la régénération.

Par ailleurs, nous avons pratiqué l'autopsie de ces têtards métamorphosés et avons examiné les différents organes : foie, intestin, estomac, pancréas, reins,

([3]) Chaque lot était constitué par 50 individus dans la première expérience et par 20 dans la seconde.

aucun ne portait trace de tumeur. Nous signalerons la présence, dans la cavité générale, en quantité plus ou moins importante, accolées aux différents organes, de formations pseudo-tissulaires d'allure générale spongieuse et d'importance très variable. Elles correspondent à des accumulations de gouttelettes d'huile d'olive non résorbées, entourées par une réaction de cellules de types divers. On y reconnaît surtout des polynucléaires, des lymphocytes, des éléments histiocytaires et des fibroblastes. Cette réaction est propre à l'huile d'olive et non au benzopyrène, comme le montre l'observation des témoins injectés sans benzopyrène.

Indépendamment de la régénération, nous n'avons pas, non plus, noté une influence sur la métamorphose. Celle-ci s'est déroulée dans une période de temps à peu près équivalente chez les animaux traités et chez les témoins.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La parthénogénèse expérimentale chez* Antheræa mylitta *Drury* (Lep. Saturnidæ). Note de M. **Jean Hoock**, présentée par M. Maurice Caullery.

La reproduction parthénogénétique est, dans les conditions naturelles, un phénomène exceptionnel chez les Lépidoptères; à part certains *Psychidæ* et *Orgyia*, où elle est de règle, à peu près tous les Lépidoptères ne se reproduisent que par fécondation amphisexuelle normale. Cependant c'est sur les Lépidoptères que la parthénogénèse fut découverte pour la première fois (Gœdart, en 1667, sur *Orgyia gonostigma*). Chez les Lépidoptères, ce phénomène a été étudié surtout chez le Ver à soie.

A part quelques rares exceptions, à peu près tous les cas de parthénogénèse naturelle observés sur le Ver à soie n'étaient que des cas de parthénogénèse incomplète, le développement de l'œuf s'arrêtant bientôt, et ne donnant jamais de chenille, à plus forte raison de papillon. On avait bien réussi à augmenter expérimentalement la fréquence de ces cas de parthénogénèse abortive (Boursier, Kellogg, Tichomiroff, Quajat, Conte et Levrat, Bataillon, etc.), mais ce n'est que plus récemment que l'on a su provoquer artificiellement le développement parthénogénétique complet (Sato depuis 1926, Koltzoff en 1932 et Astaurov à partir de 1936).

Reprenant les plus récentes techniques d'Astaurov, mais sur un matériel notablement différent, j'ai obtenu des cas de parthénogénèse expérimentale. Le matériel utilisé est l'*Antheræa mylitta*, gros Lépidoptère séricigène de l'Inde.

La technique d'Astaurov m'a été communiquée par le professeur Grassé, qui l'avait recueillie auprès d'Astaurov lui-même. J'ai, après de nombreux tâtonnements, profondément modifié cette technique pour l'appliquer efficacement à l'*A. mylitta*.

Comme dans les expériences d'Astaurov, le traitement de parthénogénèse provoque une diapause embryonnaire, que l'espèce ne présente pas au cours de

sa reproduction amphisexuelle normale. Cette diapause, chez l'*A. mylitta*, commence à se faire sentir au moment de la formation de l'embryon, sans empêcher, dans un certain nombre de cas, la formation complète de la chenille, mais toutes les chenilles obtenues jusqu'ici de cette manière sont mortes deux jours environ avant la date présumée de leur éclosion. Un traitement de rupture de diapause est alors nécessaire, si l'on veut obtenir l'éclosion des chenilles. Ce traitement est assez délicat à appliquer; en effet, il est inefficace s'il est effectué trop tôt ou trop tard au cours du développement embryonnaire; or, les œufs d'*A. mylitta* ne présentent pas la précieuse particularité des œufs de Ver à soie de changer de couleur au moment de la formation du blastoderme, moment où le traitement de rupture de diapause semble être le plus efficace. Cependant ces résultats seront à vérifier par des expériences plus nombreuses; en effet, on peut espérer pouvoir obtenir avec ce matériel des éclosions sans traitement de rupture de diapause, puisque l'on peut obtenir ainsi des chenilles complètement formées, fait qui ne semble pas se produire chez le Ver à soie.

La technique de parthénogénèse employée est double : elle comprend essentiellement un traitement déclenchant la parthénogénèse et, comme il vient de l'être dit ci-dessus, un traitement de rupture de diapause.

Le traitement de parthénogénèse proprement dit consiste à prélever les œufs dans l'abdomen d'une femelle sur le point de pondre, à les débarrasser de leurs gaines ovariques et à les plonger pendant 6 minutes dans du liquide de Ringer à 46°. Les œufs sont ensuite lavés, séchés, puis exposés à une température de 20° et à une humidité moyenne, jusqu'au moment où ils subiront le traitement de rupture de diapause. Les limites de durée d'application entre lesquelles ce premier traitement est efficace sont assez larges; en effet, j'ai observé des débuts de développement parthénogénétique pour des temps de traitement s'échelonnant entre une et vingt-deux minutes, mais, en dehors d'un temps optimum assez précis, ce traitement semble aboutir rapidement à un arrêt total du développement, puis à la mort de l'embryon.

Le second traitement (rupture de diapause) est le suivant : le huitième jour après le traitement de parthénogénèse, les œufs sont plongés, pendant 4 minutes, dans de l'acide chlorhydrique ordinaire à 22° Baumé (D 1,19), dilué au quart et à 30° C. Les œufs sont ensuite lavés à fond, séchés, puis placés dans les mêmes conditions qu'après le premier traitement; l'éclosion a lieu 5 ou 6 jours après.

Ces techniques subiront sans doute quelques modifications lorsque j'aurai suffisamment de matériel pour pouvoir établir des pourcentages.

Sur 50 œufs d'*A. mylitta* ayant subi ces traitements, les 13, puis 21 juillet 1946, j'ai obtenu quatre éclosions le 26 juillet. Les œufs non éclos présentaient, dans la proportion de 50 %, des débuts de développement parthénogénétique allant, dans une dizaine de cas, jusqu'à la formation complète de la chenille. J'ai pu élever jusqu'à la quatrième mue une des quatre chenilles

écloses spontanément; cette chenille est morte le 7 septembre, au moment où elle allait effectuer la cinquième et dernière mue.

L'étude cytologique de ces chenilles est en cours, ainsi que celle des chenilles non écloses, obtenues sans traitement de rupture de diapause.

Aucun cas de parthénogénèse n'a été observé sur un lot témoin comprenant plus de 3000 œufs non fécondés. Jusqu'ici les expériences ont été effectuées, avec des fortunes diverses, sur environ 1500 œufs; mais seulement 50 œufs ont subi le traitement exposé ci-dessus, qui s'est montré de beaucoup le plus efficace.

SÉROLOGIE. — *De la pseudocholinesterase du sérum humain et de sa sensibilité à l'action de la vitamine* H' *et des antivitamines* H'. Note de MM. **Marcel Paget** et **Gérard Dhellemmes**, présentée par M. Léon Binet.

Le dosage de la pseudocholinesterase sérique par les techniques alcalimétriques de Stedman et White ([1]) et de Hall et Lucas ([2]), est aujourd'hui classique. Caractérisées par un titrage *continu* à pH constant de l'acide acétique au fur et à mesure de sa libération, ces techniques mettent en œuvre des quantités différentes de substrat et d'enzyme : 1^{cm^3} de sérum + 250^{mg} d'acétylcholine + 100^{cm^3} d'eau, le tout à 30°, pour la première; $1/2^{cm^3}$ de sérum + 20^{mg} d'acétylcholine + 10^{cm^3} d'eau, le tout à 37°,5, pour la seconde. D. Vincent ([3]) y a substitué un titrage *discontinu* dans laquelle le pH est ramené à l'optimum 8 par addition de soude, toutes les 5 minutes pendant 20 minutes, les volumes de sérum et d'eau employés étant respectivement de 1^{cm^3} et 50^{cm^3}, la quantité de substrat, 20^{mg}.

Nous avons étudié la cinétique de la réaction en fonction de la concentration acétylcholinique, la température étant maintenue à 38°, les volumes de sérum et d'eau de 1/2 et 10^{cm^3} et le titrage discontinu selon Vincent. La moyenne de nos résultats que traduisent les chiffres ci-dessous montre une vitesse croissante entre 5 et 100^{mg} avec une accélération très accusée entre 5 et 25^{mg} :

Poids de substrat en milligrammes :													
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	100
Activité cholinestérasique en centimètres cubes de NaOH N/100 :													
2,2	2,6	2,77	2,83	3	3,08	3,09	3,15	3,15	3,22	3,28	3,28	3,25	3,37

Nous avons donc adopté pour nos recherches ultérieures la dose de 25^{mg}, qui a l'avantage d'être économique et très voisine de l'optimum d'action. Déterminée en fonction de ces données, l'activite cholinestérasique du sérum humain normal oscille entre 2,5 et 3,5.

([1]) *Biochem. Journ.*, **27**, 1933, p. 1056.

([2]) *Journ. f. pharm. exp. ther.*, **59**, 1937, p. 34.

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, **136**, 1941, p. 821.

De l'influence inhibitrice de la vitamine H' *et de quelques antivitamines* H'. — Les solutions d'effecteurs étaient préalablement ramenées à pH 8.

Nous rapportons dans le tableau ci-dessous les résultats de nos essais; les effecteurs sont classés dans l'ordre de leur activité décroissante; *p*(C) désigne — Log(C), C étant la concentration moléculaire du substrat; In, le pourcentage d'inhibition. Le premier *p*(C) noté correspond à la concentration minimum entraînant une inhibition dépassant la marge des erreurs expérimentales.

p-sulfamidopyridine *p*(C).....	3,227	2,829	2,528	2,351	2,25	
In.....................	11	25	34,4	37,5	47	
p-sulfamidothiazole *p*(C).....	3,309	3,008	2,832	2,707	2,309	2,029
In.....................	7	14,2	18	21	40	53
Acide sulfanilique *p*(C).......	2,245	1,847	2,546	1,369	1,264	
In.....................	10,35	18,75	25	31,24	32,80	
p-phénylsulfamide *p*(C)......	2,238	1,841	1,539	1,361	1,260	
In.....................	6,2	14	19,7	25	29,7	
p-sulfaméthyldiazine *p*(C)....	2,023		1,847		1,744	
In.....................	7		10,4		14,6	
p-sulfadiazine *p*(C)..........	2		1,823		1,720	
In.....................	6,2		9,9		13,9	
p-sulfamidothiourée *p*(C).....	1,307	1,006		0,829	0,728	
In.....................	7,5	10		15	17,5	
Vitamine H' *p*(C)...........	0,903		0,726		0,624	
In.....................	11,1		15		15	

Nous ne retrouvons donc pas entre le P. A. B. et les sulfamides l'antagonisme observé par Kuhn dans ses expériences classiques sur la croissance du streptobacterium plantarum. Par contre, la sulfamidopyridine et le sulfamidothiazol qui y étaient les inhibiteurs les plus puissants sont aussi les anticholinestérasiques les plus marqués. Faut-il imputer cette particularité à une action spécifique des isostères : thiazol et pyridine; la pyridine à *p*(C) 1,19 a un In voisin de 13 : cet In atteint 65 pour *p*(C) égal à 0,619; or à cette dernière concentration l'amide nicotique a un In à 25 et l'acide nicotique un In inférieur à 6.

Si l'on étudie, d'autre part, l'effet inhibiteur d'un mélange para-amino phényl-sulfamide + pyridine, on observe une inhibition qui est sensiblement la somme des effets de chacun des effecteurs du mélange, mais toujours inférieure à celle obtenue avec la sulfapyridine au *p*(C) correspondant. Ce serait donc l'ensemble de la molécule avec sa forme et ses dimensions qui paraît compter ici du point de vue physiologique plutôt que la nature des atomes ou des cycles constitutifs.

Le pouvoir inhibiteur de la thiourée sensible seulement à partir de *p*(C) 0,88 et n'atteignant que 15 % à *p*(C) 0,6; celui de l'aniline, décelable à partir de *p*(C) 1,60, mais dépassant 90 % à *p*(C) 0,62, ne contredisent pas ce point de vue.

IMMUNOLOGIE. — *Réalisation* in vitro *de l'adaptation spécifique d'un protéide quelconque à un antigène organique de faible poids moléculaire.* Note ([1]) de M. JEAN LOISELEUR, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Il est possible d'adapter un nombre restreint des groupes dissociés d'un protéide *quelconque* à un nombre limité des groupes d'un antigène *quelconque*, transformant le protéide initial en une sorte de contre-antigène imparfait ([2]) où le nombre des points de liaison polaire ne serait pas total, mais néanmoins suffisant pour entraîner la combinaison spécifique du protéide avec l'antigène. Pour cela, le protéide est dénaturé ou déformé sous l'action d'une contrainte extérieure en présence de l'antigène, ce qui oriente spécifiquement la dénaturation en faveur de l'antigène.

L'expérimentation avec des antigènes de faible poids moléculaire et l'emploi de l'épreuve de viscosité ([3]) permettent d'apprécier exactement le pouvoir de combinaison du protéide ainsi traité et le degré de spécificité de la réaction. Voici, à titre d'exemple, l'adaptation spécifique de l'ovalbumine au raffinose. On dissout 92^{mg} de raffinose dans 90^{cm^3} d'ovalbumine à 2 % dans ClNa 7 °/₀₀ à pH 8,5; le mélange est soumis aux ultrasons ([4]) pendant 1 heure. La température s'élève de 15° au début de l'opération jusqu'à 30-35° à la fin. La solution, ramenée à pH 3, est dialysée pendant 4 jours à basse température, sur un milieu acide fréquemment renouvelé [ClH(N/5000) + ClNa 7 °/₀₀]. Ces conditions mettent hors de cause les groupes dissociés du côté alcalin du point iso-électrique et responsables de la combinaison polaire avec le raffinose qui est éliminé par la dialyse. Finalement, on ramène la solution à pH 7,2 et l'on pratique l'épreuve de viscosité, d'une part, avec le raffinose et, d'autre part, avec des molécules quelconques (arginine, phloridzine). La courbe 2 montre : 1° que la solution manifeste une augmentation de viscosité en présence du raffinose; 2° que cette augmentation est spécifique au raffinose; 3° qu'elle est localisée dans un domaine étroit des concentrations respectives (zone d'équivalence).

---

(1) Séance du 10 février 1947.

(2) Le contre-antigène a été défini comme une molécule protéique, identique à la molécule initiale (considérée ici comme antigène), mais dont le signe de chaque charge électrique a été inversé par un artifice quelconque respectant l'architecture de la molécule; ces deux molécules, de même structure mais de charges inverses, deviennent ainsi susceptibles de s'accoler aussi exactement qu'un objet et son image dans un miroir, si bien que le contre-antigène constitue un agent spécifique pour la floculation de son antigène (J. LOISELEUR, *C. R. Soc. Biol.*, **129**, 1938, pp. 172 et 250).

(3) J. LOISELEUR, *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 159-461 et 978.

(4) Épaisseur du quartz $3^{mm},65$, tension 2300 V, intensité du courant de haute fréquence 1 A. L'appareil, refroidi par une circulation d'eau, est décrit dans les *Ann. de l'Institut Pasteur*, **71**, 1945, p. 375.

L'expérience, répétée en traitant le même volume d'ovalbumine par des antigènes les plus divers (34^{mg},5 de nitrate d'arginine, 72^{mg},3 de phloridzine), donne chaque fois une réponse spécifique (courbes 3 et 4).

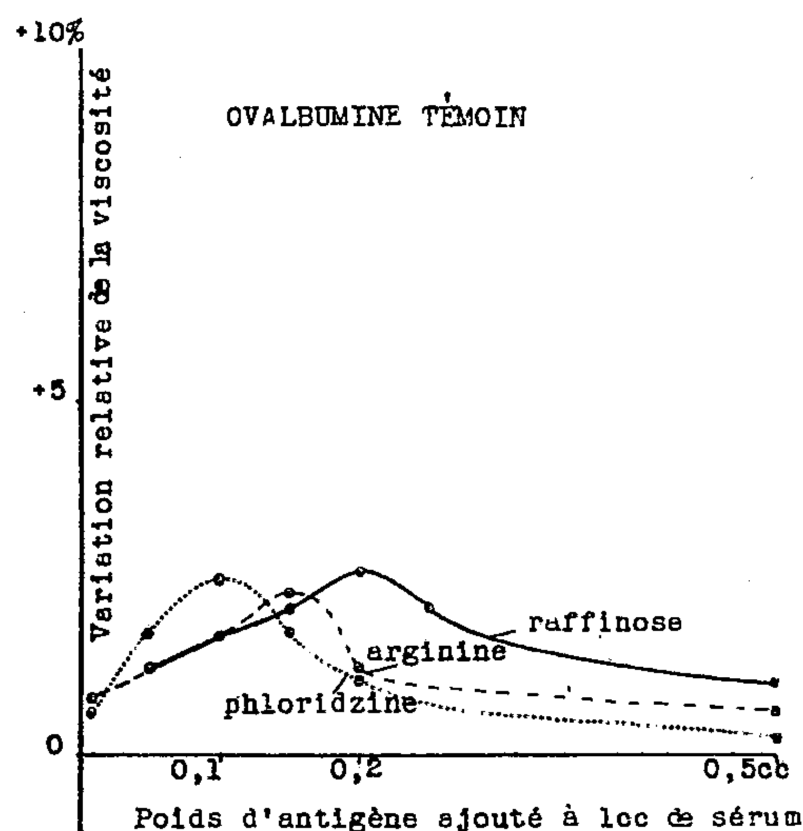


Fig. 1.

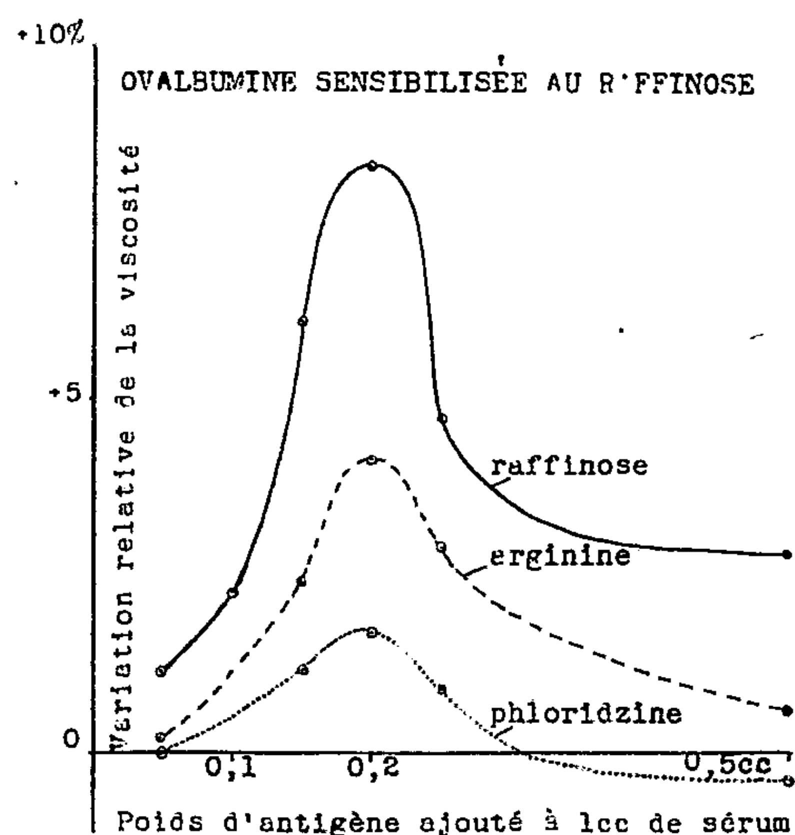


Fig. 2.

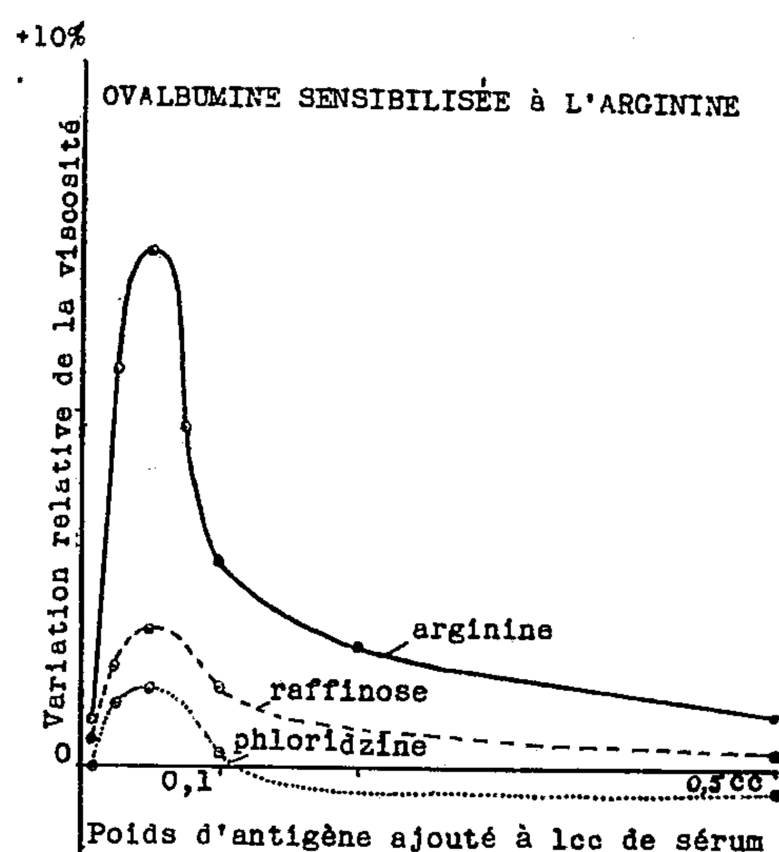


Fig. 3.

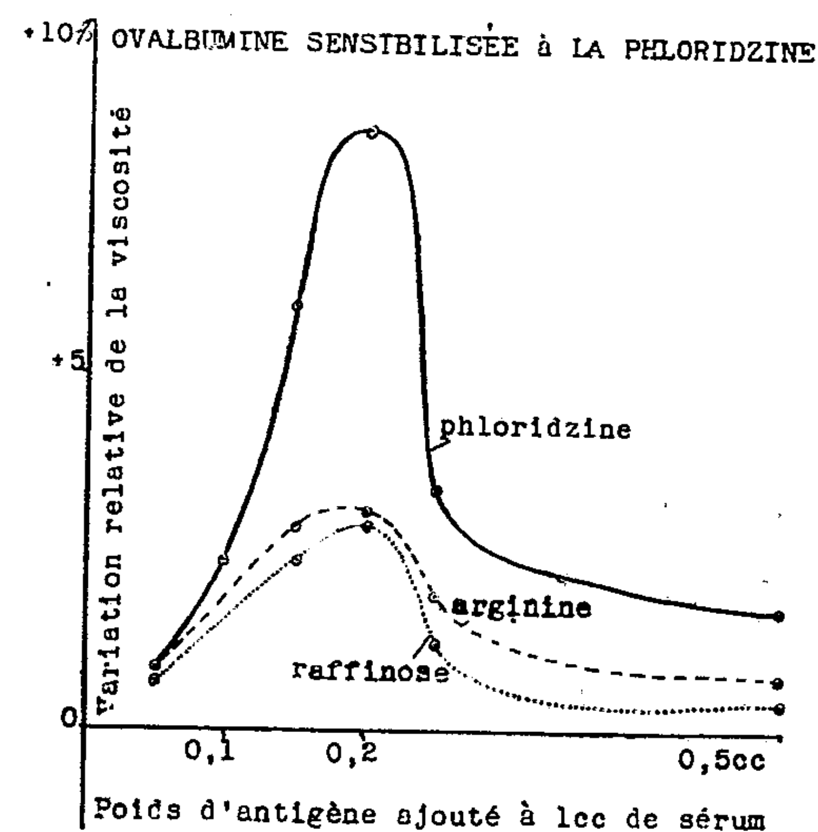


Fig. 4.

En résumé, la dénaturation d'un protéide par les ultra-sons peut être orientée par la présence d'un antigène organique de faible poids moléculaire, en entraînant l'adaptation spécifique du protéide à l'antigène.

La séance est levée à 16^{h}10^{m}.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 23 décembre 1946.)

Note de MM. *Joseph Janin* et *Albert Crozet*, Excitation du spectre de l'azote par passage de l'effluve électrique à travers le gaz ammoniac :

Page 1115, 10e ligne en remontant, *au lieu de* $\lambda = 2986,5$, *lire* $\lambda = 2980,5$.

Note de M. *Jean-Paul Voge*, Sur deux schémas d'amplificateurs électroniques pour très hautes fréquences à onde progressive :

Page 1118, formule (7), *au lieu de* $\frac{K^2}{\gamma^2}$, *lire* $\frac{\omega^2}{c^2\gamma^2}$.

Page 1119, formule (9), *au lieu de* γ_a, *lire* γ_0.

Remplacer la dernière formule par la suivante :

$$\gamma_a \frac{2\pi v_0}{\omega} = \pi\left(\frac{\varepsilon_0 v_0}{2Z_c}\right)^{\frac{1}{2}} KZ_0 = \pi\left(\frac{\varepsilon_0 e \rho_0 \pi R^2}{m}\right)^{\frac{1}{2}} KZ_0 \quad \text{Népers.}$$

Dernière ligne, *supprimer* le mot quatrième.

(Séance du 6 janvier 1947.)

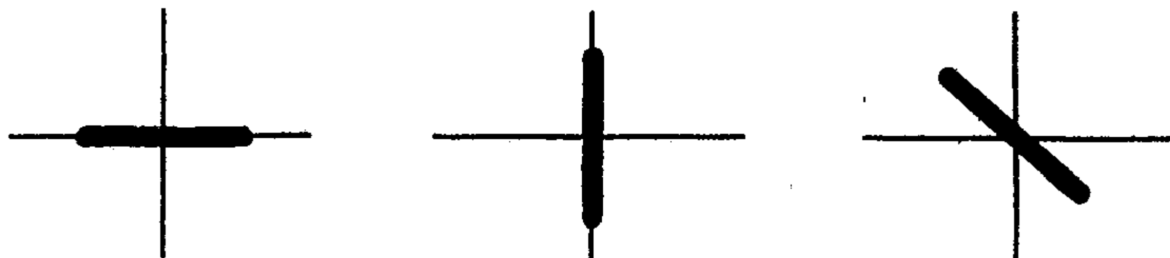
Note de M. *Paul Fallot* et Mlle *Anne Faure-Muret*, Rapports du Nummulitique avec son substratum dans la région de St-Étienne-de-Tinée (A.-M.).

Page 57, lignes 1 et 2, *au lieu de* plus voisins de ceux du Pelvoux, *lire* plus voisins de ceux de l'Argentera que de ceux du Pelvoux.

(Séance du 20 janvier 1947.)

Note de M. *Georges Boulanger*, Un mode de représentation schématique de la structure des abaques à plans mobiles superposés.

Page 182, remplacer la première figure par la suivante :



Note de M. *Richard Wallauschek*, Sur un amplificateur électronique à onde guidée dans un milieu de constante diélectrique élevée.

Page 193, formules (8) et (9), *au lieu de* $\alpha'_{1,2}$ et α'_3, *lire* $j\alpha'_{1,2}$ et $j\alpha'_3$ et, d'autre part,

$$\sqrt{B} = \sqrt[3]{\frac{1501}{\rho_0 \varepsilon_0 \omega}} K.$$

(Séance du 3 février 1947.)

Note de M. *Roger Buvat*, Observation vitale, prolongée pendant quatorze jours, de l'action de l'eau sur les chondriosomes d'une même cellule.

Page 360, 4e et 9e lignes, *au lieu de* leucoblastes, *lire* leucoplastes.

Note de M. *Conrad Kilian*, Du Précambrien d'Afrique :

Page 352, 9e ligne, *au lieu de* sont à placer, probablement, au plus bas du Cambrien, *lire* sont à placer, probablement, au plus bas, au bas du Cambrien.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 FÉVRIER 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MICROBIOLOGIE. — *Sur une méthode d'évaluation des propriétés antidotiques des filtrats de culture de germes antagonistes* (Penicillium notatum, Actinomyces griseus, B. Subtilis, *etc.*). Note [1] de MM. **Gaston Ramon** et **Rémy Richou.**

Au cours de recherches exposées ici même, dans des Notes antérieures, nous avons mis en évidence dans les filtrats de culture de *Penicillium notatum* [2], d'*Actinomyces griseus* [3], de *B. Subtilis* [4], des propriétés que nous avons dénommées *antidotiques*, c'est-à-dire des propriétés qui permettent aux filtrats en question d'annihiler, dans les conditions que nous avons indiquées, la toxicité des poisons microbiens tels que les toxines staphylococcique, diphtérique, tétanique etc.

Pour les besoins de recherches que nous poursuivons [5] et afin de pouvoir comparer entre eux, dans leurs propriétés antidotiques, les filtrats (ou leurs extraits) d'un même germe ou de germes différents, nous nous sommes proposé d'établir une méthode d'évaluation de ces propriétés.

Nous avions le choix comme toxine d'épreuve, pour apprécier les effets du pouvoir antidotique, entre divers poisons microbiens. Nous nous sommes adressés de préférence à la toxine staphylococcique car, ainsi que nous l'avons indiqué en relatant nos premières tentatives dans cette direction [6], elle a l'avantage, en ces temps de difficultés matérielles et de disette d'animaux d'expériences, de permettre des épreuves *in vitro* commodes et économiques.

La méthode consiste, dans ses grandes lignes, à rechercher quel est le plus

(1) Séance du 17 février 1947.

(2) G. Ramon, R. Richou et J. Ramon, *Comptes rendus*, **222**, 1946 pp. 621 et 772.

(3) G. Ramon, C. Levaditi, R. Richou et M[lle] J. Henry, *Comptes rendus*. **224**, 1947 p. 82.

(4) G. Ramon et R. Richou, *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 543 et 801; **221**, 1945, pp. 213 et 271.

(5) En particulier celles que nous effectuons présentement en collaboration avec M. Robert Debré et qui ont trait à l'action des principes antidotiques sur les poisons du bacille de Koch (tuberculine etc.).

(6) Voir, par exemple, *Revue d'Immunologie*, **9**, 1944-1945, p. 204.

petit volume du filtrat, dont on désire connaître le titre antidotique, qui amène en 6 heures à l'étuve à 37° la destruction totale d'une quantité de toxine staphylococcique correspondant à 100 doses hémolytiques, les globules rouges de Lapin fraîchement recueillis servant d'indicateurs de cette destruction.

Après plusieurs essais dont les détails seront donnés dans un autre Recueil, nous avons mis au point la technique ci-après.

On prépare une série de tubes renfermant 1$^{cm^3}$ d'une dilution de toxine staphylococcique représentant 100 doses minima hémolytiques. On ajoute dans le premier tube, 1$^{cm^3}$ du filtrat pur, dont on veut mesurer le pouvoir antidotique, et, dans les tubes suivants, 1$^{cm^3}$ de ce filtrat préalablement dilué au 1/3, au 1/10, au 1/20, au 1/30, au 1/40, au 1/50, etc. On agite soigneusement pour bien mélanger, et l'on porte les mélanges à l'étuve à 37° durant 6 heures. Après ce laps de temps, on laisse tomber dans chaque tube une goutte de suspension de globules rouges de Lapin diluée au 1/3 et l'on porte à nouveau à l'étuve à 37°. L'absence, au bout d'une heure, d'hémolyse dans certains des tubes indique que les 100 doses hémolytiques que renfermait le centimètre cube de dilution de toxine staphylococcique ont été annihilées dans leur activité hémolytique par le filtrat contenu dans le mélange.

Dans ces conditions et conventionnellement, l'*unité antidotique* est la quantité d'antidote capable d'anéantir dans leurs effets toxiques les 100 doses hémolytiques de poison staphylococcique. En fait, elle est représentée par le plus petit volume de filtrat qui détruit totalement, en 6 heures à 37°, ces 100 doses hémolytiques.

Nous avons rassemblé en un tableau, à titre d'exemple, quelques résultats obtenus dans l'évaluation du pouvoir antidotique de filtrats de culture de *Penicillium notatum*, d'*Actinomyces griseus* et de *B. subtilis*, en utilisant une toxine staphylococcique (n° 20) dont 1/10 de centimètre cube contient 100 doses hémolytiques ([7]).

	Quantités de filtrat (en cm³) ajoutées à 1$^{cm^3}$ d'une dilution de toxine staphylococcique renfermant 100 doses hémolytiques.										Valeur en unités anti-dotiques.
Filtrats.	1.	1/3.	1/10.	1/20.	1/30.	1/40.	1/50.	1/60.	1/70.	1/80.	1/100.	
Penicillium, n° 15...	—	—	—	—	—	+	++	++	++	++	++	30
» n° 16...	—	—	—	—	—	—	—	++	++	++	++	50
Actinomyces griseus,												
n° 4.............	—	—	—	—	+	++	++	++	++	++	++	20
n° 5.............	—	—	—	—	+	++	++	++	++	++	++	20
Subtilis, n° 31......	—	—	—	+	++	++	++	++	++	++	++	10
» n° 32......	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	0

Signes : — pas d'hémolyse, destruction totale; + hémolyse partielle, destruction incomplète; ++ hémolyse totale, toxine non détruite.

([7]) Avec une toxine (n° 21) plus active, puisque 1/25 de centimètre cube correspondait à 100 doses minima hémolytiques, les résultats ont été de même ordre.

Ainsi le filtrat de *Penicillium* n° 16 ([8]), dont 1/50 de centimètre cube détruit totalement 100 doses hémolytiques de toxine staphylococcique, a une valeur de 50 unités antidotiques. De même, le filtrat d'*Actinomyces griseus* n° 4 titre 20 unités et celui de *B. Subtilis* n° 31, 10 unités. Le filtrat de *Subtilis* n° 32 est sans valeur antidotique notable.

D'après nos premières constatations, la valeur antidotique n'est pas directement proportionnelle au titre antibiotique du même filtrat. Cependant en général, les filtrats riches en principe antibiotique renferment un nombre d'unités antidotiques relativement élevé. D'un autre côté, il apparaît que les filtrats les plus actifs à l'égard de la toxine staphylococcique sont également doués d'une grande activité vis-à-vis des autres toxines, de la toxine diphtérique par exemple. Nous aidant de notre méthode, nous poursuivons l'étude de ces questions et de divers autres problèmes.

Telle est, avec les premiers renseignements qu'elle nous a apportés, la méthode que nous proposons pour la recherche et l'évaluation des propriétés antidotiques.

A ce propos et d'après l'ensemble de nos propres essais et de leurs résultats à ce jour, il semble bien que la plupart des germes microbiens, sinon tous, qui fournissent par leur végétation des substances en elles-mêmes strictement antibiotiques comme la pénicilline, la streptomycine, la subtiline etc., sont également capables d'élaborer à l'égard des toxines microbiennes, des principes antidotiques tels que ceux que nous avons mis en évidence. La coexistence régulière dans les filtrats de microbes antagonistes des propriétés antibiotiques et antidotiques doit, une fois de plus, retenir l'attention, et ce n'est pas là le moindre intérêt ([9]) des recherches déjà entreprises et à poursuivre dans ce champ particulier de l'immense domaine de l'antagonisme microbien.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Rupert Wildt**, Astronome à l'Observatoire Mac Cormick, qui assiste à la séance.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *Atomes, molécules et lumière*, par Pascaline et Raymond Daudel, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Jules Rouch** fait hommage à l'Académie de son Ouvrage intitulé *La Méditerranée*.

([8]) Que nous devons à l'obligeance de nos Collègues MM. H. Penau et H. Velu.

([9]) Intérêt souligné tout récemment encore dans *The Journal of the Amer. Medic. Association*, 133, 1947, p. 33.

CORRESPONDANCE.

L'**Académie autrichienne des Sciences** invite l'Académie à se faire représenter aux Cérémonies qui auront lieu à Vienne, du 11 au 16 mai 1947, à l'occasion du centième anniversaire de sa fondation.

MM. **I. M. Vinogradov**, élu Correspondant pour la Section de Géométrie, **Walter Davis Lambert**, élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, et **David Keilin**, élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, adressent leurs remercîments à l'Académie.

M. **René Bourret** adresse des remercîments à l'Académie pour la distinction accordée à ses travaux.

M. **K. Sinelnikov**, Directeur de l'**Institut physico-technique de l'Académie des Sciences de l'Ukraine**, adresse les condoléances de cet Institut à l'occasion de la mort de M. *Paul Langevin*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

N. B. Medvedeva. *Endocrinologie expérimentale* (en langue russe).

ALGÈBRE. — *Remarques sur la notion de clivage dans les structures algébriques et son application aux treillis.* Note [1] de M. **Maurice Paul Schützenberger**, présentée par M. Gaston Julia.

On rappellera quelques résultats dont certains ont déjà été exposés dans une Note antérieure [2] que l'on complétera et systématisera à l'aide d'un lemme très simple de la théorie générale des relations d'équivalence dans les structures algébriques. Enfin on appliquera ces résultats au domaine particulier des treillis.

Lois universelles. — Étant donnée une structure algébrique S, on appellera loi universelle de S l'ensemble U, $U = \mathfrak{U}(S)$ des égalités entre polynomes généralisés identiquement vérifiées quand les variables prennent indépendamment toutes les valeurs possibles dans S. Réciproquement, on appellera *structure libre à k générateurs de* U la structure $S' = \mathcal{L}_k(U)$, isomorphe au quotient de la structure des polynomes à k variables par les relations de U. On appellera *noyau de* U, quand elle existe, la sous-structure S″ de $\mathcal{L}(U)$, $\mathcal{N}(U)$ invariante

(1) Séance du 20 janvier 1947.

(2) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 218.

par toutes les substitutions de polynomes à des variables qui laissent U invariant. Par définition, $\mathfrak{U}[\mathcal{N}(U)] = U$.

Parmi les lois universelles, on distinguera les *lois simples* définies par une égalité unique dans l'un des membres de laquelle chaque variable ne figure qu'une fois. Il est à remarquer que, lorsque toutes les opérations possèdent un inverse, toute loi universelle peut s'exprimer par la composition de lois simples. Il en est d'ailleurs de même pour les treillis.

Ordonnées par la relation $U_1 \supset U_2$ (U_1 plus fort que U_2, U_2 plus faible que U_1), les lois universelles forment un treillis *fermé* pour les deux opérations (.) et (+); si S_1 et S_2 satisfont à U, il en est de même du produit direct $S_1 \times S_2$ et réciproquement,

$$\mathfrak{U}(S_1) + \mathfrak{U}(S_2) = \mathfrak{U}[\mathcal{N}(S_1) \times \mathcal{N}(S_2)].$$

Lemme de clivage. — *Si dans une structure algébrique libre* S *les polynomes* π_i *constituent une sous-structure* S′, *on a nécessairement pour toute loi universelle* U *plus forte que* $\mathfrak{U}(S)$.

1° soit U plus faible que $\mathfrak{U}(S')$;

2° soit U plus fort que l'une des lois u_{ij} obtenues en posant $\pi_i = \pi_j$ pour toutes valeurs des variables.

Généralisant une notion de Whitman ([3]), on dira que le treillis des lois universelles plus fortes que $\mathfrak{U}(S)$ est *clivé* entre $\mathfrak{U}(S')$ et l'ensemble des u_{ij}.

En effet, si 1° n'était pas vérifié, il y aurait au moins deux être π_i et π_j égaux, d'où 2°, et d'autre part 1° et 2° ne peuvent être simultanément vrais car $u_{ij}.\mathfrak{U}(S')$ est différent de $\mathfrak{U}(S')$.

Donc $\mathfrak{U}(S')$ est un élément irréductible pour (+) du treillis des U plus forts que $\mathfrak{U}(S)$, et de même pour (.) l'élément le plus fort des u_{ij}, quand il existe. Par exemple, le treillis des lois universelles de la structure de groupe est clivé entre la loi $xy = yx$ et l'ensemble des lois $x_p = 1$ (p premier), car le groupe formé des puissances d'un seul élément est abélien.

Applications à la structure algébrique de treillis commutatif. — On peut, ici, préciser encore la notion de clivage en faisant usage du théorème simple suivant :

Si, dans $\mathcal{L}(U)$ *le polynome* π_i *est irréductible, alors, pour toute loi universelle* U′ *plus faible que* U, *il existe un polynome* π'_i *irréductible dans* $\mathcal{L}(U')$ *et tel que* $\pi_i = \pi'_i$ *dans* $\mathcal{L}(U)$.

On peut alors énoncer :

$\mathcal{N}(U')$ peut être réalisé comme sous-structure dans toute $\mathcal{L}(U' + U'')$, s'il est réalisé *tautologiquement* dans $\mathcal{L}(U'.U'')$, donc nécessairement si U″ n'est pas plus faible que U′. Par conséquent, dans ces conditions [vérifiées notamment

([3]) *Splittings of a lattice* (*Am. J. of Math.*, 65, 1943, pp. 79-196).

quand $\mathfrak{N}(U')$ est engendré par des π_i tels que $\pi_i = \pi_j$ dans $\mathcal{L}(U'')$], le treillis des lois plus fortes que $U' + U''$ est clivé entre U' et l'ensemble des lois $\pi'_i = \pi'_j$.

En application on citera :

1° Le clivage entre la loi triviale $a = b$ et la loi distributive;

2° Le clivage dérivé du treillis de Birkhoff à 5 éléments non dédékindien A entre la loi de Dedekind et $\mathfrak{U}(A)$;

3° Les clivages dérivés des treillis duals de Löwig ([1]) B et $\overline{B}$ entre la loi $a(ab + bc + ca) = ab + ab$ et $\mathfrak{U}(B)$ et de manière duale;

4° Le clivage dérivé du treillis à 10 éléments engendré par a, b, et $a(b + c) + b(a + c)$ entre la loi $[a + b(a + c)][b + a(b + c)] = a(b + c) + b(a + c)$ (que le clivage même permet de montrer équivalente à sa forme duale) et $\mathfrak{U}(C)$;

5° Dans le treillis des lois universelles plus fortes que la loi de Dedekind, le clivage entre la loi distributive et la loi du treillis dédékindien non distributif à 5 éléments.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une généralisation d'un théorème de M. B. de Finetti et son application à la théorie collective du risque.* Note ([2]) de **M. J. Dubourdieu**, présentée par M. Émile Borel.

Soient $X_1, X_2, \ldots, X_k, \ldots$ les gains respectifs d'un joueur A dans une suite de paris successifs $P_1, P_2, \ldots, P_k, \ldots$. Et soit K la fortune initiale de A. Nous désignerons par U_k la variable aléatoire égale au gain algébrique X_k de A dans la partie P_k, *si celle-ci est jouée* (ce qui suppose que A n'ait pas été ruiné par les parties antérieurement jouées), et qui est nulle dans le cas contraire. Et posant $S_n = K + U_1 + U_2 + \ldots + U_n$, nous désignerons par $F_n(x)$ la fonction des probabilités totales de S_n. Pour que A soit ruiné en au plus n parties, il faut et il suffit que S_n soit $\leqq 0$, et la probabilité de cette éventualité est $\Pi_n = \Pr\{S_n \leqq 0\} = F_n(+0)$. Soit d'autre part $R(x)$ une fonction croissante de x. On a

$$\mathfrak{M}\{e^{-R(S_n)}\} \geqq \int_{-\infty}^{0} e^{-R(x)}\, dF_n(x) \geqq e^{-R(0)} F_n(+0).$$

D'où l'inégalité

$$\Pi_n = F_n(+0) \leqq e^{R(0)} \mathfrak{M}\{e^{-R(S_n)}\}. \tag{1}$$

D'autre part, comme $S_n = S_{n-1} + U_n$, il vient

$$\mathfrak{M}\{e^{-R(S_n)}\} = \mathfrak{M}\{e^{-R(S_{n-1})} \mathfrak{M}_{S_{n-1}}[e^{R(S_{n-1}) - R(S_{n-1} + U_n)}]\}, \tag{2}$$

identité dans laquelle $\mathfrak{M}_{S_{n-1}}$ désigne la valeur probable liée à S_{n-1}.

Ceci dit, supposons que notre joueur ait la faculté de choisir chaque nouvelle

---

([1]) *Ann. of Math.*, 42, 1943, pp. 573-579.

([2]) Séance du 6 janvier 1947.

partie qu'il engage, et qu'il effectue ce choix de telle manière que, x désignant le montant de sa fortune au moment où il engage la $n^{\text{ième}}$ partie ($x = S_{n-1}$), son gain algébrique X_n dans cette $n^{\text{ième}}$ partie vérifie quel que soit n (et compte tenu éventuellement des résultats des parties antérieures, si les variables X_k ne sont pas indépendantes) la condition :

(3) $$\mathfrak{M}\left\{e^{R(x)-R(x+X_n)}\right\} = e^{R(x)}\mathfrak{M}\left\{e^{-R(x+X_n)}\right\} = 1.$$

Il est clair que l'on a, alors, quel que soit n,

(4) $$\mathfrak{M}_{S_{n-1}}\left\{e^{R(S_{n-1})-R(S_{n-1}+U_n)}\right\} = 1.$$

Et des identités (2) et (4) on déduit

$$\mathfrak{M}\left\{e^{-R(S_n)}\right\} = e^{-R(K)}.$$

Moyennant quoi l'inégalité (1) devient

(5) $$\Pi_n \leqq e^{R(0)-R(K)}.$$

La probabilité Π_n étant nécessairement une fonction non décroissante de n, on en conclut que lorsque $n \to \infty$, Π_n tend vers une limite Π_∞ elle-même $\leqq e^{R(0)-R(K)}$ et l'on aboutit ainsi au théorème suivant :

THÉORÈME. — *Soit* $R(x)$ *une fonction croissante de* x. *Si un joueur* A, *disposant initialement du capital* K, *joue une suite indéfinie de parties telles que son gain algébrique* X *dans chacune de ces parties successives, vérifie la condition*

$$\mathfrak{M}\left\{e^{R(x)-R(x+X)}\right\} = 1,$$

où x *désigne le montant de la fortune de* A *au moment où il engage la partie en question, la probabilité que* A *finisse un jour ou l'autre par se ruiner est au plus égale à* $e^{R(0)-R(K)}$.

En faisant $R(x) = \tau x$, on retombe sur un théorème énoncé par M. B. de Finetti à propos de l'application du problème de la ruine des joueurs à la théorie du risque ([2]).

Le théorème permet de retrouver d'une manière très simple un résultat établi par M. I. Laurin dans son article ([3]) sur la théorie collective du risque et d'établir ainsi la liaison entre cette théorie et celle de M. B. de Finetti.

Pour que les paris comptabilisés au *fonds de risque* dans l'intervalle de temps $(u, u+du)$ vérifient les conditions du théorème I, il suffit en effet de choisir le taux η des chargements de sécurité de telle manière que, x désignant le montant du fonds de risque à l'instant u, et y le montant aléatoire des dépenses

---

([2]) *La teoria del rischio e il problema della rovina dei giocatori* (*Giornale dell' Istituto Italiano degli Attuari*, Anno X, nos 1, 2, 1939. Roma).

([3]) *An introduction into Lundberg's theory of risk.* (*Skandinavisk Aktuarietidskrift*, 1930, Häft nos 1, 2).

supportées par ledit fonds de risque dans l'intervalle $(u, u+du)$, on ait

$$\mathfrak{M}\{e^{R(x)-R(x+Y)}\}=1.$$

Et un calcul immédiat conduit pour η à la formule de I. Laurin

$$1+\eta=\frac{1}{R'(x)}\left\{\int_0^\infty e^{R(x)-R(x+y)}\,dF(y)-1\right\}.$$

L'avantage de cette démonstration est de montrer que cette dernière formule reste valable si $F(y)$ (c'est-à-dire la structure du portefeuille) se modifie avec le temps.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur des suites arithmétiques équiréparties.* Note de Mlle **Jacqueline Ferrand** et M. **Robert Fortet**, présentée par M. Émile Borel.

L'objet de cette Note est de compléter et d'étendre les résultats déjà obtenus, relativement aux mêmes problèmes, par divers auteurs [1].

Soit une suite indéfinie de nombres positifs croissants $n_1, n_2, \ldots, n_j, \ldots$, non nécessairement entiers, mais tels que le rapport n_{j+1}/n_j reste quel que soit j supérieur à un nombre fixe $\rho > 1$.

Soit X une variable aléatoire de loi uniforme sur l'intervalle $(0, 2\pi)$.

I. Si l'on pose

$$W_r=\frac{1}{\sqrt{r}}\sum_{j=1}^{r}e^{in_jX},$$

et si U_r et V_r désignent les parties réelle et imaginaire de la variable aléatoire complexe W_r, la loi de probabilité à deux dimensions du couple (U_r, V_r) tend, lorsque r tend vers $+\infty$, vers la loi de Laplace à deux dimensions de densité

$$(1)\qquad \frac{1}{\pi}e^{-(u^2+v^2)}\quad [2].$$

Soit $c_1, c_2, \ldots, c_j, \ldots$ une suite indéfinie de nombres complexes quelconques; si l'on pose

$$a_r^2=\sum_{j=1}^{r}|c_j|^2,\qquad R_r=\frac{1}{a_r}\sum_{j=1}^{r}c_j\,e^{in_jX}$$

et si P_r et Q_r désignent les parties réelle et imaginaire de R_r, la loi de

(1) Cf. en particulier : Fortet, *Sur une suite également répartie* (*Studia Mathematica*, 9, 1940, p. 54); Kac, *On the distribution of values of sums of the type* $\Sigma f(2^k t)$ (*Ann. of Math.*, 47, n° 1, 1946, p. 33.)

(2) Ce résultat a déjà été obtenu dans le cas où les n_j sont entiers par M. Erdös, qui n'a pas encore publié sa démonstration.

probabilité à 2 dimensions du couple (P_r, Q_r) tend, lorsque r tend vers $+\infty$, vers la loi de Laplace de densité (1); on peut en déduire que la série

$$\sum_j c_j e^{in_j x} \qquad (-\infty < x < +\infty)$$

converge ou diverge presque partout selon que la série $\sum_i |c_j|^2$ converge ou diverge, théorème déjà obtenu par Kac et Hartman [3].

II. Soit $f(x)$ une fonction réelle de la variable réelle x, de période 2π, satisfaisant à la condition de Lipschitz

$$|f(x'') - f(x')| \leq M|x'' - x'|^\alpha \qquad 0 < \alpha \leq 1.$$

On pose

$$Y_r = \sum_{j=1}^{r} f(n_j X), \qquad \sigma_r^2 = \frac{1}{r} E(Y_r^2).$$

Lorsque r tend vers $+\infty$, même si

$$\varliminf_{r \to +\infty} \sigma_r > 0,$$

la loi de probabilité de la variable aléatoire $Y_r/\sqrt{r}\sigma_r$ peut ne pas tendre vers la loi de Laplace, et peut même ne pas avoir de limite du tout; la tendance vers la loi de Laplace ne peut être assurée que moyennant des restrictions, sur $f(x)$ ou sur la suite (n_j); dans cet ordre d'idées, on peut démontrer que :

Si le rapport n_{j+1}/n_j est, quel que soit j, entier, et si $\varliminf_{r \to +\infty} \sigma_r > 0$, la loi de probabilité de $Y_r/\sqrt{r}\sigma_r$ tend, lorsque r tend vers $+\infty$, vers la loi de Laplace.

Corrélativement, si l'on considère une suite indéfinie de nombres réels quelconques $c_1, c_2, \ldots, c_j, \ldots$, et si l'on pose

$$b_r^2 = \sum_{j=1}^{r} c_j^2, \qquad Z_r = \frac{1}{b_r} \sum_{j=1}^{r} c_j f(n_j X),$$

on peut montrer que si le rapport n_{j+1}/n_j est, quel que soit j, un entier, et si $\varliminf_{r \to +\infty} E(Z_r^2) > 0$, la loi de probabilité de Z_r tend vers une loi de Laplace, et l'on peut en déduire que la série

$$\sum_j c_j f(n_j x) \qquad (-\infty < x < +\infty),$$

dont on sait, par ailleurs, qu'elle converge presque partout si $\sum_j c_j^2 < +\infty$ [4], diverge presque partout si $\sum_j c_j^2 = +\infty$.

---

(3) KAC, *Convergence and divergence of non-harmonic gap series* (*Duke Math. Journ.*, 8, n° 3, 1941, p. 541).

(4) KAC, *Convergence of certain gap series* (*Ann. of Math.*, 44, n° 3, 1943, p. 411).

Remarque. — On peut étendre les résultats du paragraphe I à des suites (n_j) plus générales que les suites (n_j) considérées ci-dessus : par exemple, ces résultats restent valables si, en posant

$$\frac{n_{j+1}}{n_j} = 1 + \theta_j,$$

il existe deux constantes positives A et ψ telles que $\theta_j > [A/(\log j)^\psi]$.

GÉOMÉTRIE. — *Sur un système de Pfaff de trois équations équivalent aux équations de Codazzi et de Gauss.* Note [1] de M. **Victor Lalan**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans l'étude des surfaces par la méthode du repère mobile de M. Élie Cartan, on sait que les équations de Codazzi et de Gauss s'obtiennent en différentiant extérieurement les formules qui expriment les formes ω_{ij} en fonction de ω_1 et ω_2. Un fait, demeuré jusqu'ici inaperçu, semble-t-il, apparaît lorsqu'en guise de repère mobile (et déformable) on utilise le repère biisotrope que j'ai précédemment défini [2] : les équations de Codazzi et de Gauss peuvent s'exprimer sous la forme d'un système de Pfaff constitué par trois équations, dont chacune représente le prolongement de la précédente (au sens de la théorie des systèmes différentiels en involution).

Nous écrivons les deux formes quadratiques

$$\frac{2\omega_1\omega_2}{A} \quad \text{et} \quad \omega_1^2 + 2\beta\omega_1\omega_2 + \omega_2^2;$$

ω_1 et $i\omega_2$ sont les différentielles des pseudo-arcs des lignes minima, A est la demi-différence des courbures principales, β est le rapport H/A, H désignant la courbure moyenne. Les composantes de la variation infinitésimale du repère biisotrope sont, en fonction de ω_1 et ω_2,

$$\omega_{13} = \omega_1 + \beta\omega_2, \qquad \omega_{23} = \beta\omega_1 + \omega_2, \tag{1}$$

$$\omega_{11} = p\omega_1 + r\omega_2, \qquad \omega_{22} = s\omega_1 + q\omega_2. \tag{2}$$

En outre, $dA/A = -\omega_{11} - \omega_{22}$.

Si l'on différentie extérieurement les équations (1), et que l'on tienne compte de $H = A\beta$, on trouve les équations de Codazzi,

$$H_1 = -2rA, \qquad H_2 = -2sA,$$

qui se condensent en une seule équation aux différentielles totales,

$$dH = -2A(r\omega_1 + s\omega_2), \tag{3}$$

résultat très important à notre point de vue.

---

[1] Séance du 17 février 1947.

[2] *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 632-633. Voir aussi **223**, 1946, pp. 569-571, 707-709 et 883-885.

En différentiant (2), on obtient l'équation de Gauss sous deux formes équivalentes (K désigne la courbure totale),

$$(4)\qquad \frac{K}{A}=r_1-p_2+pr-rs, \qquad \frac{K}{A}=s_2-q_1+qs-rs.$$

Pour arriver au système de Pfaff que nous avons en vue, nous ferons intervenir trois formes différentielles, que l'on peut former dès que ω_1 et ω_2 sont connues; ce sont

$$\varpi=r\omega_1+s\omega_2,$$

$$\chi=\left(s-\frac{s_1}{s}\right)\omega_1+\left(r-\frac{r_2}{r}\right)\omega_2 \qquad \text{(en abrégé : } a\omega_1+b\omega_2\text{)},$$

$$\Phi=\left(b-\frac{b_1}{s}\right)\omega_1+\left(a-\frac{a_2}{r}\right)\omega_2,$$

entre lesquelles existent les relations

$$d\varpi=[\varpi\chi], \qquad d\chi=[\varpi\Phi].$$

L'équation (3), qui s'écrit maintenant $dH=-2A\varpi$, donne par différentiation extérieure, $[(dA/A-\chi)\varpi]=0$, d'où l'équation

$$(5)\qquad \frac{dA}{A}=\chi+\lambda\varpi,$$

premier prolongement de (3). Différentiant (5) à son tour, on obtient $[(d\lambda-\Phi-\lambda\chi)\varpi]=0$, qui se résout par

$$(6)\qquad d\lambda=\Phi+\lambda\chi+\mu\varpi.$$

Nous allons montrer que *le coefficient* μ *est déterminé par l'équation de Gauss.* En effet, l'équation (5) donne, quand on y exprime tout en ω_1, ω_2 :

$$(7)\qquad p=-2s+\frac{s_1}{s}-\lambda r, \qquad q=-2r+\frac{r_2}{r}-\lambda s.$$

On en déduit p_2 et q_1 que l'on porte dans les équations (4), et l'on obtient

$$(8)\qquad \lambda_1=a\lambda+b-\frac{b_1}{s}+\frac{1}{s}\left(\frac{K}{A}-c\right), \qquad \lambda_2=b\lambda+a-\frac{a_2}{r}+\frac{1}{r}\left(\frac{K}{A}-c\right),$$

où

$$a=s-\frac{s_1}{s}, \qquad b=r-\frac{r_2}{r}, \qquad c=r_1+s_2-2rs=\frac{d(-s\omega_1+r\omega_2)}{[\omega_1\omega_2]}.$$

Ces deux équations se résument en

$$(6')\qquad d\lambda=\Phi+\lambda\chi+\frac{1}{rs}\left(\frac{K}{A}-c\right)\varpi.$$

Comparant avec (6), on voit que $\mu=1/rs(K/A-c)$. Le système formé des 3 équations de Pfaff (3), (5), (6′) est complètement équivalent aux équations

de Codazzi et de Gauss [(5) ne joue qu'un rôle d'intermédiaire]. D'après le mode de formation de ce système, son système quadratique associé se réduit à une seule relation, la différentielle extérieure de (6').

Les calculs que nous avons développés dans la troisième des Notes mentionnées ci-dessus prouvent que le λ de (5) vérifie

$$\lambda = -2A\frac{\Delta_2 H}{\Delta_1 H};$$

des calculs analogues permettent d'établir que, dans (6),

$$\mu = \frac{1}{rs}\frac{\Delta_2(\log A)}{2A}.$$

Cette expression de μ est totalement indépendante de l'équation de Gauss; c'est précisément en l'identifiant avec celle qui figure dans (6') que l'on exprime le théorème de Gauss.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une propriété relative à la déformation des surfaces.* Note de M. **Paul Vincensini**, présentée par M. Élie Cartan.

1. La déformation d'une surface quelconque S donne lieu à la propriété suivante, qui ne nous semble pas avoir été signalée encore dans le cas général, et autour de laquelle viennent se grouper des résultats géométriques très divers.

Faisons correspondre, d'après une loi déterminée mais *arbitraire*, à tout point P de S un point I du plan tangent en P, et supposons chaque point I invariablement lié au plan tangent correspondant.

Les courbes de S suivant lesquelles doit se déplacer P pour que les déplacements infinitésimaux simultanés de P et I soient constamment *orthogonaux* forment (sauf un cas d'indétermination remarquable) un réseau *qui reste invariant lorsqu'on déforme* S *arbitrairement.* Les lignes coordonnées (u, v) de S étant orthogonales $(ds^2 = E\,du^2 + G\,dv^2)$ et choisies de façon que la tangente en P à $v = \text{const.}$ passe par I, l'équation définissant le réseau invariant en question est, en posant $\overline{PI} = a(u, v)$,

$$(1)\quad \sqrt{E}\left(\sqrt{E}+\frac{\partial a}{\partial u}\right)du^2+\left(\sqrt{E}\frac{\partial a}{\partial v}-a\frac{\partial\sqrt{E}}{\partial v}\right)du\,dv+\sqrt{G}\left(\sqrt{G}+\frac{a}{\sqrt{E}}\frac{\partial\sqrt{G}}{\partial u}\right)dv^2=0.$$

2. Les coefficients de (1) s'interprètent. La nullité du premier exprime l'orthogonalité évidente des déplacements simultanés d'un point P sur une courbe quelconque de S et du point I correspondant sur l'une quelconque de ses développantes. Celle du deuxième exprime ([1]) que la droite Δ du plan

([1]) P. Vincensini, *Sur la déformation des surfaces* (*Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 630-632).

tangent perpendiculaire en I à PI engendre une congruence dans laquelle les couples de foyers associés sont sur deux tangentes conjuguées de S, et (1) montre que, dans ce cas, le réseau invariant est *bissecté* par les courbes enveloppées sur S par les différentes droites PI. La nullité du troisième coefficient exprime que I est le centre de courbure géodésique en P de la courbe $u =$ const., et (1) établit pour une courbe quelconque (P) d'une surface *l'orthogonalité des déplacements simultanés de* P *et du centre de courbure géodésique correspondant* I. Un choix de I annulant simultanément *deux ou les trois* coefficients de (1) exige une particularisation de S. L'annulation du premier et du troisième conduit aux surfaces d'élément linéaire $ds^2 = (\partial a/\partial u)^2 du^2 + a^2 dv^2 (a =$ fonct. arb.), pour lesquelles le réseau invariant est le réseau orthogonal (u, v). Ces surfaces sont caractérisées par la possibilité d'y tracer un faisceau de courbes telles que la largeur de toute zone infiniment étroite limitée par deux courbes infiniment voisines soit *proportionnelle au rayon de courbure géodésique de la trajectoire orthogonale des courbes du faisceau au point où cette largeur est considérée*. Pour a convenable l'élément linéaire est celui des *nappes focales des congruences à réseaux focaux orthogonaux* (surfaces de Guichard). L'indétermination de (1) exige que le ds^2 de S ait la forme $ds^2 = V^2 e^{-2u}(du^2 + dv^2)$, caractéristique des *déformées de surfaces spirales*; les points I sont alors les centres de courbure géodésique des trajectoires orthogonales spirales déformées.

3. Le cas où les points I sont les traces, sur les plans tangents à S, des cordes de contact d'une congruence de sphères (Σ) avec les deux nappes de l'enveloppe (²) est particulièrement intéressant. J'indique ici, sans démonstrations, quelques-uns des résultats auxquels l'étude des réseaux invariants (D) correspondants donne lieu. Pour que (D) soit *orthogonal* il faut et il suffit que (Σ) soit définie par l'équation $\Delta_2 \rho = 2 (R = \sqrt{2\rho}$ étant le rayon de Σ, et Δ_2 se rapportant au ds^2 de S), équation qui, si S est une sphère, n'est autre que celle de Weingarten pour la déformation du paraboloïde de révolution. Pour que (D) soit le réseau *des lignes minima* de S, il faut et il suffit que ρ soit une solution *permanente* (par déformation de S) de l'équation de Cayley des familles de Lamé dont S fait partie : S est alors applicable sur une surface de révolution. Pour que (D) soit *conjugué dans sa position actuelle*, il faut et il suffit que les sphères (Σ) établissent, par leurs contacts avec les deux nappes de leur enveloppe, une correspondance *avec égalité directe des aires* (³) entre ces deux nappes. Si, S étant toujours quelconque, (Σ) est une *congruence de courbure* $+1$ [au sens de M. A. Demoulin (⁴)] de déférente S, le réseau inva-

---

(²) Pour les congruences des cordes de contact des enveloppes de sphères, *voir* J. Drach, *Comptes rendus des Soc. Sav.*, 1925, *Sciences*, p. 36.

(³) Pour la définition des correspondances directes et inverses, *voir* P. Vincensini, *Ann. Éc. Norm.*, (3), t. **53**, 1936, p. 41.

(⁴) *Bull. de la Cl. des Sc. de l'Acad. roy. de Belgique*, **19**, 1933, pp. 877-880.

riant (D) est un réseau *d'asymptotiques virtuelles* de S, et la déformation de S qui rend ce réseau *asymptotique* est celle qui amène les sphères (Σ) à passer par un point fixe.

Si des deux familles de courbes de (D) *l'une seulement* est formée d'asymptotiques virtuelles, S est *applicable sur une surface réglée* (les asymptotiques virtuelles correspondant aux génératrices rectilignes), et la congruences des cordes de contact des sphères (Σ) jouit de la propriété que l'une des déformations de S rendant rectilignes les asymptotiques virtuelles *transforme la congruence des cordes de contact en congruence parabolique.*

Bien d'autres propriétés géométriques peuvent être rattachées à la considération des réseaux invariants dont il est question dans cette Note, qui sera développée dans un travail ultérieur.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les tribus de sous-espaces d'un espace de Hilbert-Hermite.* Note [1] de M. **Otton Martin Nikodym**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Par l'espace de Hilbert-Hermite $\mathfrak{1}$, nous entendons un espace vectoriel avec multiplicateurs complexes doué d'un produit scalaire $(\vec{x}, \vec{y})$ qui est une forme bilinéaire hermitienne définie positive. Ce produit scalaire engendre la notion d'orthogonalité, de projection et celle de module d'un vecteur $\vec{x}$, $|\vec{x}| = \sqrt{(\vec{x}, \vec{x})} \geqq 0$. L'écart $|\vec{x}, \vec{y}| = |\vec{x} - \vec{y}|$ définit dans $\mathfrak{1}$ une métrique que nous supposons complète, mais non nécessairement séparable. Appelons espace toute sous-variété linéaire fermée de $\mathfrak{1}$. Le symbole o désignera l'espace composé du seul vecteur $\vec{o}$; $a \subseteq b$ signifie que a est contenu dans b; $a + b$ désigne le plus petit espace contenant a et b; $a.b$, le plus grand espace contenu dans a et b; co$a$, l'espace complémentaire orthogonal à a; $a - b$ désigne $a.\mathrm{co}b$ [2]; $a \perp b$ (a orthogonal à b) signifie que si $\vec{x} \in a$, $\vec{y} \in b$, on a $(\vec{x}, \vec{y}) = 0$. Nous admettons des définitions analogues pour les opérations spatiales infinies $\sum_\alpha a_\alpha$ et $\prod_\alpha a_\alpha$. Les espaces a, b sont dits *compatibles* lorsque $a - a.b \perp b - a.b$. Voici quelques conditions nécessaires et suffisantes de compatibilité : 1° $P_b a \subset a$ [3]; 2° $P_b a \subset a.b$; 3° $P_b a = a.b$; 4° $P_a b = P_b a$; 5° $a - b = a - a.b$; 6° $a = a.b + a.\mathrm{co}b$; 7° $P_a P_b \vec{x} = P_b P_a \vec{x}$ pour tout $\vec{x} \in \mathfrak{1}$.

---

(1) Séance du 10 février 1947.

(2) M. H. Stone (*Linear transformations in Hilbert space*, New York, 1932) utilise les symboles $\oplus$, $\ominus$.

(3) $P_b a$ désigne la variété linéaire composée des projections sur b des vecteurs de a. C'est un espace dans le cas de compatibilité. $P_a \vec{x}$ désigne la projection du vecteur $\vec{x}$ sur a

2. Appelons *tribu* [4] (d'espaces) toute famille (T) non vide d'espaces pour laquelle : si a, $b \in (T)$, on a : 1° co $a \in (T)$; 2° $a+b \in (T)$; 3° $a.b = o$ entraîne $a \perp b$. Si l'on remplace 2° par une condition analogue pour les sommes spatiales dénombrables (resp. quelconques), la tribu est dite *dénombrablement* (resp. *complètement*) *additive*. Pour qu'une famille (T) non vide satisfaisant aux conditions 1° et 2° soit une tribu, il faut et il suffit que ses éléments soient compatibles. Pour qu'il existe une tribu (T') contenant la tribu (T) et l'espace p, il faut et il suffit que p soit compatible avec tous les $a \in (T)$. Il existe alors une plus petite tribu (T'); elle se compose des éléments $a.p + b.\,\mathrm{co}\,p$ où $a, b \in (T)$. Chaque tribu est contenue dans une tribu dénombrablement additive [5]. (T) est dite *saturée* lorsque toute tribu qui la contient coïncide avec (T). Par l'induction transfinie on démontre que pour chaque tribu (T) il existe une tribu (T*) saturée qui la contient; (T*) est dénombrablement additive. Si $\imath$ est séparable, une tribu dénombrablement additive est aussi complètement additive [6].

3. Par *champ de rayonnement* [7] $M_T(\mathcal{E})$ d'un ensemble (non vide) $\mathcal{E}$ de vecteurs sur la tribu (T), nous entendons le plus petit espace contenant les vecteurs $P_a\vec{x}$ où $a \in (T)$ et $\vec{x} \in \mathcal{E}$. L'espace $M_T(\mathcal{E})$ est identique à l'ensemble de tous les vecteurs qui peuvent être approximés par des sommes finies $\sum_i \lambda_i P_{a_i}\vec{\xi}_i$ où $a_i \in (T)$, $\vec{\xi}_i \in \mathcal{E}$ et où les λ_i sont des nombres complexes. On a $M_T(\mathcal{E}) = M_T(\mathcal{F})$ lorsque $\mathcal{E}$ est partout dense dans $\mathcal{F}$; $M_T(\mathcal{E}) = M_T(p)$ lorsque p est le plus petit espace contenant $\mathcal{E}$. Si $a \in (T)$, on a $M_T(a) = a$; $M_T[M_T(\mathcal{E})] = M_T(\mathcal{E})$. $M_T(\mathcal{E}) = \Sigma M_T[(\vec{\xi})]$ où $\vec{\xi}$ parcourt $\mathcal{E}$. La condition nécessaire et suffisante pour qu'un espace p soit compatible avec (T) est qu'il existe un $\mathcal{E}$ tel que $p = M_T(\mathcal{E})$. Si $\imath$ est séparable et (T) saturée, il existe un vecteur $\vec{\omega}$ tel que $M_T[(\vec{\omega})] = \imath$. Un tel vecteur $\vec{\omega}$ s'appelle *vecteur générateur* de $\imath$ par rapport à (T). On a $M_T[(P'_a\vec{\omega})] = a$ pour tout $a \in (T)$.

4. Dorénavant nous ferons l'hypothèse que $\imath$ est séparable et (T) dénombrablement additive. Par *mesure* sur la tribu (T) nous entendons toute fonction $\mu(a) \geq o$ définie et finie sur (T) telle que $\mu\left(\sum_n a_n\right) = \sum_n \mu(a_n)$ lorsque a_1,

---

(4) Cette expression est empruntée à M. René de Possel (*J. de Math.*, 101, 1936). La notion a été suggérée par J. v. Neumann (*Math. Grundl. d. Quantenmechanik*, Berlin, 1932) et par la notion générale d'un *corps* de Boole (p. ex. A. Tarski. *Fund. Math.*, 24, 1935).

(5) La démonstration dans O. Nikodym, *On Boolean fields of subspaces in an arbitrary Hilbert space* (*Ann. Soc. Polon. Math.*, 17, 1938).

(6) O. Nikodym, *On Boolean fields* (*loc. cit.*).

(7) Le cas particulier où $\mathcal{E}$ se réduit à un seul vecteur est connu dans la théorie de multiplicité du spectre continu (p. ex. Stone, *loc. cit.*).

$a_2, \ldots, a_n, \ldots$ sont des éléments disjoints [8] de (T). On obtient une telle mesure en posant $\mu(a) = |P_a \xi|^2$ où ξ est un vecteur fixé quelconque. La mesure μ s'appelle *effective* lorsque $\mu(a) = 0$ entraîne $a = 0$. Si $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n, \ldots$ est un ensemble partout dense dans I de vecteurs non nuls, la mesure $\mu(a) = \sum_n |P_a \xi_n|^2 / n! |\xi_n|^2$ est effective sur toute tribu. La notion d'écart [9] $|a, b|_\mu = \mu(a - b) + \mu(b - a)$ définie par une mesure effective μ sur (T), organise (T) en espace métrique complet [10]. A mesures μ, μ' effectives quelconques sont associées deux métriques équivalentes [11]. La topologie μ est séparable (lorsque I est séparable).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les infinis d'un potentiel.* Note de M. **Jacques Deny**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit $U^\mu(M) = \int h(MP)\,d\mu(P)$ le potentiel engendré par la distribution positive μ. La fonction fondamentale est $h(r) = r^{2-n}$ dans l'espace euclidien R_n à n dimensions. Si $n = 2$ on prend $h(r) = -\log r$ et l'on suppose les masses contenues dans un cercle de diamètre unité. On peut envisager diverses extensions comme les potentiels d'ordre $\alpha\,(0 < \alpha \leqq 2)$ et ceux pris par rapport à la fonction de Green.

L'ensemble A des points M tels que $U^\mu(M) = +\infty$ est évidemment un G_δ (intersection dénombrable d'ouverts); d'autre part M. H. Cartan a démontré récemment que si $U^\mu(M) \not\equiv \infty$, A est de capacité extérieure nulle, et posé le problème de caractériser entièrement l'ensemble A [1]. Le but de cette Note est de montrer que les deux propriétés précédentes sont caractéristiques.

Théorème. — *Si* A *est un* G_δ *de capacité extérieure nulle, il existe une distribution positive* μ *dont le potentiel* U^μ *est infini en tout point de* A, *et fini en tout point du complémentaire* CA [2].

Démonstration. — A peut être défini comme l'intersection d'ouverts G_n dont la capacité $\mathcal{C}(G_n) < 1/4^n$. A partir de la suite $\{G_n\}$, nous en construisons une autre $\{\Gamma_n\}$

$$\Gamma_1 = G_1, \qquad \Gamma_{n+1} = G_{n+1} \cap \omega_n \qquad (n \geqq 1).$$

---

(8) a, b s'appellent *disjoints* lorsque $a.b = 0$.

(9) La notion plus générale d'écart de deux fonctions remonte à M. M. Fréchet (*Bull. of the Calcutta Math. Soc.*, 1921). Pour les ensembles elle fut retrouvée indépendamment par O. Nikodym (*Fund. Math.*, **14**, 1929) et M. N. Aronszjan (manuscrit inédit de 1929).

(10) O. Nikodym et N. Aronszajn. En ce qui concerne la mesure sur un « corps » de Boole (voir O. Nikodym, *Mém. Acad. Roy. de Belgique*, 1938).

(11) Démonstration d'après Wecken (*Math. Zeitschr.*, 1939).

(1) H. Cartan, *Bull. Soc. Math. de France*, **73**, 1945, pp. 74-106.

(2) Lorsque A est fermé, ce théorème a été établi par G. C. Evans (*Monatsh.*, 1936, pp. 419-424), l'auteur astreignant de plus les masses à être portées par A.

L'ouvert ω_n est défini comme suit : posons $F_n = C\Gamma_n$. Soit $F_n^{(p)}$ l'ensemble (fermé) des points dont la distance d à F_n vérifie $2^p \leq h(d) \leq 2^{p+1}$; on construit des ouverts $\omega_n^{(p)} (p \geq 2n)$ (³) tels que

$$(a) \qquad A \cap F_n^{(p)} \subset \omega_n^{(p)},$$

$$(b) \qquad \omega_n^{(p)} \subset F_n^{(p-1)} \cup F_n^{(p)} \cup F_n^{(p+1)},$$

$$(c) \qquad \mathcal{C}[\omega_n^{(p)}] < \frac{1}{4^p},$$

et l'on pose $\omega_n = \bigcup_p \omega_n^{(p)}$.

Les ouverts Γ_n sont décroissants, $A = \bigcap_n \Gamma_n$ et $\mathcal{C}(\Gamma_n) < \mathcal{C}(G_n) < 1/4^n$.

Il suffit de constater que le potentiel capacitaire de Γ_{n+1} est majoré, sur F_n, par le terme général d'une série numérique convergente ; la distribution obtenue en superposant les distributions capacitaires des Γ_n répondra à la question.

Or, le potentiel capacitaire de l'ensemble $\omega_n^{(p)}$ est, en vertu des conditions b et c, majoré sur F_n par $2^{p+2}\, \mathcal{C}[\omega_n^{(p)}] < 2^{p+2}/4^p$. Le potentiel capacitaire de Γ_{n+1} est majoré par la superposition de ces potentiels (avec $p = 2n, 2n+1, \ldots$). Il est donc majoré sur F_n par $\sum_{p=2n}^{\infty} 2^{p+2}/4^p = 8/4^n$, d'où le résultat.

Remarquons que la distribution construite est évidemment d'énergie finie.

THÉORIE DES GROUPES. — *Remarques sur les hypergroupes.* Note de MM. **Marc Krasner** et **Jean Kuntzmann**, présentée par M. Élie Cartan.

I. Dans un travail antérieur (¹) un de nous a énoncé (à la page 125), par inadvertance, que tout sous-hypergroupe h de l'hypergroupe de catégories $H = \mathfrak{g}/g^{(c)}$ d'un groupe $\mathfrak{g}$ suivant un de ses sous-groupes g est de la forme $\bar{\mathfrak{g}}/g^{(c)}$, où $\bar{\mathfrak{g}}$ est un sous-groupe de $\mathfrak{g}$. Ce résultat (qui n'est, d'ailleurs, utilisé nulle part dans le travail cité), exact sous l'hypothèse supplémentaire que h est clos (ou que h contient l'unité $e = g/g^{(c)}$ de H), ne l'est pas dans le cas général, comme le montre le contre-exemple suivant :

Soient A le corps des nombres rationnels, M l'ensemble des nombres rationnels positifs, — M l'ensemble des nombres rationnels négatifs, $\mathfrak{g}$ l'ensemble des couples (a, m), $a \in A$, $m \in M$. Si l'on organise $\mathfrak{g}$ par la loi de composition $(a, m)\,(a', m') = (a + ma', mm')$, il devient, visiblement, un groupe [car $[(a, m)(a', m')](a'', m'') = (a, m)[(a', m')(a'', m'')] = (a + ma' + mm'a'', mm'm'')$,

(³) On vérifie facilement que $F_n^{(p)}$ est vide si $p < 2n$. En effet si $F_n^{(p)}$ n'est pas vide, il existe une sphère intérieure à Γ_n et de rayon R tel que $h(R) \leq 2^{p+1}$. Donc $\mathcal{C}(r_n) \geq 1/2^{p+1}$. Comme d'autre part $\mathcal{C}(r_n) < 1/4^n$, on en conclut $p \geq 2n$.

(¹) Krasner, *Duke Mathematical Journal*, 6, 1940, pp. 120-140.

$(a, m)(0, 1) = (0, 1)(a, m) = (a, m)$ et $(a, m)(-a:m, 1:m) = (0, 1)$]. $g = (0, M)$ est un sous-groupe de $\mathfrak{g}$, car $(0, M)(0, M) = (0, M)$ et $(0, m)^{-1}$ est $(0, m^{-1})$. μ parcourant M, on a $g(a, m)g = (0, M)(a, m)(0, M) = \{(\mu a, \mu m)\}(0, M) = \cup(\mu a, \mu m M)$ égal à $\cup(\mu a, M) = (aM, M)$. Ainsi, si $a \in M$, on a $g(a, m)g = (M, M)$; si $a = 0$, on a $g(a, m)g = (0, M) = g$; et si $a \in -M$, on a $g(a, m)g = (-M, M)$ $H = \mathfrak{g}/g^{(c)}$ n'a donc que 3 éléments $P = (M, M)/g^{(c)}$, $e = g/g^{(c)}$ et $N = (-M, M)/g^{(c)}$; $(M, M)(M, M) = \cup(M + \mu M, \mu M) = \cup(M, M) = (M, M)$, d'où $P^2 = \{P\}$, et $\{P\}$ est un sous-hypergroupe de H. Or, (M, M) n'est pas un sous-groupe de $\mathfrak{g}$, car $(0, 1) \notin (M, M)$.

II. Le théorème 1 de la page 128 du travail (¹) peut se compléter comme suit : *si h et h' sont deux sous-hypergroupes réversibles, infra-invariants et semblables d'un hypergroupe* H, *on a* $hh' = h'h$.

En effet, si $c \in h'h$ et si $c \notin hh'$, on a, en vertu de la réversibilité de h', $h'c \cap h \neq \varnothing$ et $ch' \cap h = \varnothing$. En vertu de l'infra-invariance de h', on a une des relations $h'c \supset ch'$, $h'c = ch'$, $h'c \subset ch'$, et, comme les deux dernières sont incompatibles avec ce qui précède, on a $h'c \supset ch'$. Mais le raisonnement analogue appliqué à c et à h, donne $ch \supset hc$, ce qui contredit la similitude des h et h'.

Plus généralement, *soient* H^* *et h' deux sous-hypergroupes de* H *dont h' réversible et infra-invariant dans* H *et* H^* *clos, tels que* $H = H^*h' = h'H^*$; *si h est un sous-hypergroupe réversible et infra-invariant* (*dans* H^*) *de* H^*, *dont le type est compatible sur* H^* *avec celui de h', on a* $hh' = h'h$.

En effet, puisque les types de h et de h' sont compatibles sur H^* et (H^* étant clos) $hh' \cap H^* = h(h' \cap H^*)$ et $h'h \cap H^* = (h' \cap H^*)h$, le raisonnement précédent, appliqué aux $c \in H^*$, montre que $hh' \cap H^* = h'h \cap H^*$; si $hh' \neq h'h$, il existe un $c \notin H$ tel que ou bien : α. $c \in h'h$ et $c \notin hh'$, ou bien : β. $c \in hh'$ et $c \notin h'h$. Dans le cas α, on déduit, comme précédemment, en vertu de la réversibilité et de l'infra-invariance de h', $h'c \cap h \neq \varnothing$, $ch' \cap h = \varnothing$ et $h'c \supset ch'$, donc $h'ch' = h'c \neq ch'$. Puisque $H^*h' = H$, il existe un $c^* \in H^*$ tel que $c \in c^*h'$, et, h' étant réversible, on a $ch' = c^*h'$ et $h'ch' = h'c^*h'$, d'où $h'c^*h' \neq c^*h'$, et, vu l'infra-invariance de h', $h'c^* = h'c^*h' = h'c$. Donc $h'c^* \cap h \neq \varnothing$ et $c^*h' \cap h = \varnothing$, c'est-à-dire $c^* \in h'h$ et $c^* \notin hh'$, d'où $hh' \cap H^* \neq h'h \cap H^*$. On démontre d'une manière analogue, à l'aide de $h'H^* = H$, l'impossibilité de β.

III. Le théorème 2 de la page 129 du travail cité (¹) n'est pas tout à fait exact. L'erreur se trouve dans les lignes 10-13 de la page 130. Soient h un sous-hypergroupe infra-invariant et réversible et h' un sous-hypergroupe clos d'un hypergroupe H, C^* une classe de quelque côté suivant h d'un $c \in h'$, $C = C^* \cap h'$. Il était déjà prouvé que $C^* \to C$ réalise une application biunivoque de $h'h/h^{(d)}$ sur $h'/(h \cap h')^{(d)}$ et de $hh'/h^{(g)}$ sur $h'/(h \cap h')^{(g)}$. L'affirmation erronée est que, si, pour deux classes d'un même côté C_1^*, C_2^* suivant h d'éléments de h', on a toujours $C_1^*C_2^* \cap h' \subseteq C_1C_2$, les applications biunivoques précédentes sont des isomorphismes. Or, ceci est faux quand $C_1^*C_2^*$ contient une classe du même côté suivant h disjointe avec h', autrement dit (si, par exemple, il s'agit de classes à

droite) quand $C_1^* C_2^* \nsubseteq h'h$. Toutefois, cette affirmation est exacte avec l'hypothèse supplémentaire $hh' = h'h$, car alors $C_1^* C_2^* \subseteq h'hh'h = h'h'hh = h'h$, et de même pour les classes à gauche.

Comme le reste de la démonstration est juste, la partie suivante du théorème 2 : *$h \cap h'$ est un sous-hypergroupe réversible et infra-invariant de h' dont le type est égal à celui de h sur h'*, est exacte, et le reste du théorème l'est avec l'hypothèse supplémentaire $hh' = h'h$.

La démonstration du théorème de Jordan-Hölder du travail (¹) reste valable moyennant vérification de l'hypothèse supplémentaire $hh' = h'h$ chaque fois que l'on fait usage de la partie modifiée du théorème 2, ce qui se produit au lemme 8 (p. 132) et au théorème 3 (p. 134). Soit $H_0, H_1, \ldots, H_s$ une suite infranormale entre $\overline{H}$ et $\overline{\overline{H}}$ et H^* un sous-hypergroupe infra-invariant et réversible de $\overline{H}$ de type compatible avec celui de la suite. Pour justifier le lemme 8, il faut prouver que, pour tout $i = 0, 1, \ldots, s$, $H_i H^* = H^* H_i$ et est un sous-hypergroupe de $\overline{H}$; ceci résulte non plus du théorème 2, mais, par récurrence du complément donné au théorème 1 : la proposition étant vraie pour $i-1$, H^* est réversible et infra-invariant dans $H^* H_{i-1} = H_{i-1} H^*$, H_i est infra-invariant et réversible dans H_{i-1} (qui est clos) et leurs types sont compatibles sur H_{i-1}, donc $H_i H^* = H^* H_i$ et, en vertu du théorème 2 modifié, est un hypergroupe.

Dans la démonstration du théorème 3, il faut vérifier (lignes 17-18) que $(H_{i-1} \cap H'_{j-1})[(H_{i-1} \cap H'_j) H_i] = [H_i (H_{i-1} \cap H'_j)](H_{i-1} \cap H'_{j-1})$, ce qui résulte tout simplement du fait que tous les deux sont égaux à $H_i (H_{i-1} \cap H'_{j-1}) = (H_{i-1} \cap H'_{j-1}) H_i$ (lemmes 7 et 8).

MÉCANIQUE GÉNÉRALE. — *Sur les conditions de stabilité du Circuit de Régulation canonique d'une seule grandeur*. Note de M. GILBERT NASSE.

On désigne par *Circuit de Régulation canonique d'une seule grandeur* le circuit de régulation le plus simple qui soit. Il se compose de deux éléments.

1° l'élément à régler sur lequel agit une grandeur indépendante qui perturbe par ses variations la grandeur à régler, ce qui nécessite la variation commandée de la grandeur de réglage.

2° l'élément régulateur qui détecte les variations de la grandeur à régler, et commande en conséquence, la grandeur de réglage.

Dans le cadre de phénomènes linéaires, sans retard, l'élément à régler, ou élément semi-libre pour rappeler l'influence d'une grandeur indépendante, est défini par une équation différentielle linéaire à coefficient constant de forme

$$\rho = f_1(\gamma, \gamma', \gamma'', \ldots \lambda, \lambda', \lambda'', \ldots) \tag{1}$$

où ρ, γ et λ désignent respectivement les valeurs réduites de la grandeur de réglage, de la grandeur réglée et de la grandeur indépendante ou grandeur libre.

L'élément *régulateur* ou élément dépendant (car il n'est soumis à l'action d'aucune grandeur libre) est défini par une équation différentielle linéaire à coefficient constant de forme

$$f_2(\varepsilon, \varepsilon', \varepsilon'', \ldots) = f_3(\sigma, \sigma', \sigma'', \ldots), \tag{2}$$

ε et σ désignant respectivement les valeurs réduites de la grandeur d'entrée et de la grandeur de sortie de cet élément.

L'application de la transformation de Laplace aux relations (1) et (2) permet d'écrire

$$T(\rho) = \varphi_\gamma(p)\,T(\gamma) - \psi_\gamma(p, \gamma_0, \gamma'_0, \ldots) + \varphi_\lambda(p)\,T(\lambda) - \psi_\lambda(p, \lambda_0, \lambda'_0, \ldots), \tag{3}$$

$$\varphi_\varepsilon(p)\,T(\varepsilon) - \psi_\varepsilon(p, \varepsilon_0, \varepsilon'_0, \ldots) = \varphi_\sigma(p)\,T(\sigma) - \psi_\sigma(p, \sigma_0, \sigma'_0, \ldots); \tag{4}$$

en introduisant, sous le nom de *rapport de transmission*, le rapport des transformées des grandeurs de sortie et d'entrée, lorsque l'élément considéré part du repos,

$$P_L = \left(\frac{T(\gamma)}{T(\rho)}\right)_0 = \frac{1}{\varphi_\gamma}, \qquad P_D = \left(\frac{T(\sigma)}{T(\varepsilon)}\right)_0 = \frac{\varphi_\varepsilon}{\varphi_\sigma};$$

les deux éléments sont définis par les relations

$$T(\rho) = \frac{1}{P_L}T(\gamma) + [I]_L, \tag{5}$$

$$T(\sigma) = P_D\,T(\varepsilon) - \frac{[I]_D}{\varphi_\sigma}, \tag{6}$$

où $[I]_L$ et $[I]_D$ représentent respectivement les transformées des conditions initiales et de l'évolution de la grandeur libre dans l'élément semi-libre et l'élément dépendant.

La connexion des deux éléments qui conduit aux identités $\varepsilon \equiv \gamma$, $\sigma \equiv \rho$, permet d'écrire la relation

$$T(\gamma) = \frac{[I]_L + \dfrac{[I]_D}{\varphi_\sigma}}{P_D - \dfrac{1}{P_L}}, \tag{7}$$

qui représente le comportement du circuit de régulation vu à travers la transformée de sa grandeur réglée.

(7) peut aussi s'écrire

$$T(\gamma) = \frac{\varphi_\sigma[I]_L + [I]_D}{\varphi_\varepsilon - \varphi_\gamma\varphi_\sigma} = \frac{\varphi_\gamma[I]_L + [I]_D}{\varphi_\gamma\varphi_\sigma(P_L P_D - 1)} = \frac{\varphi_\sigma[I]_L + [I]_D}{\varphi_\sigma\left(P_D - \dfrac{1}{P_L}\right)}. \tag{8}$$

On sait que les racines du dénominateur de 8 égalé à zéro définissent les caractéristiques du régime transitoire qui accompagne chaque variation de la grandeur réglée.

Le circuit de régulation sera stable si ces racines n'ont pas de partie réelle positive.

Pour s'assurer de ce fait sans calcul des racines, deux critères sont connus et utilisés.

Le premier ou critère de Léonhard utilise la variation d'argument du premier dénominateur de (8) : $\varphi_\varepsilon - \varphi_\gamma\varphi_\sigma$; lorsque p décrit un contour entourant le demi-plan positif (contour de Bromwhich) le point figuratif du dénominateur ne doit pas entourer l'origine.

Le second, ou critère de Nyquist, utilise la variation d'argument de $(P_L P_D - 1)$ dont le point figuratif ne doit pas entourer l'origine lorsque p décrit le même contour; ou, ce qui revient au même, le point figuratif de $P_L P_D$ ne doit pas entourer le point $+1$ du plan complexe.

Le premier critère est rigoureux, mais nécessite la connaissance analytique des trois polynomes φ_ε, φ_γ, φ_σ. Le second évite cet inconvénient, mais n'est rigoureux qu'à la condition que φ_γ et φ_σ n'aient pas de zéros dans le demi-plan positif, c'est-à-dire que les deux éléments du circuit doivent être stables en eux-mêmes, ce qui n'est pas toujours réalisé, en particulier pour l'élément semi-libre.

Le troisième dénominateur de (8) permet de proposer un nouveau critère.

Pour que le circuit de régulation soit stable, la variation d'argument de $(P_D - 1/P_L)$, *lorsque p décrit le contour de Bromwich dans le sens positif, doit être égale à* $-2\pi K_D$, K_D *étant la somme des ordres de multiplicité des racines de* $\varphi_\sigma = 0$ *contenues dans le demi-plan positif.*

Il n'est plus nécessaire de connaître les pôles du rapport de transmission de l'élément semi-libre contenu dans le demi-plan positif. La connaissance de ceux du rapport de transmission de l'élément dépendant suffit.

La variation d'argument de $(P_D - 1/P_L)$ se déduit du comportement relatif des points figuratifs de P_D et $1/P_L$. On peut remarquer que, lorsque l'élément dépendant est un régulateur, cet appareil est toujours construit de telle façon qu'il soit stable en lui-même, son rapport de transmission n'a pas de pôles dans le demi-plan positif et $K_D = 0$. Dans ce cas, la stabilité du circuit est assurée si la variation d'argument de $(P_D - 1/P_L)$ est nulle lorsque p décrit le contour de Bromwhich.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Problèmes de calcul des variations liés à la dynamique classique et à la théorie unitaire du champ.* Note [1] de MM. **André Lichnerowicz** et **Yves Thiry**, présentée par M. Élie Cartan.

On rencontre, dans un grand nombre de questions, des systèmes différentiels caractérisant les géodésiques d'une fonction $L(x^i, x'^i, h)$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$ dépendant d'un paramètre arbitraire h, homogène et de degré 1 par rapport aux x'^i. On se trouve conduit au problème suivant : peut-on trouver une fonc-

[1] Séance du 17 février 1947.

tion $F(x^\alpha, x'^\alpha)(\alpha = 0, 1, 2, \ldots, n)$ ne dépendant pas explicitement de x^0, homogène et du premier degré par rapport aux x'^α et dont les géodésiques donnent une représentation paramétrique pour l'ensemble des géodésiques de L correspondant aux différentes valeurs de h? ([2]).

1. Considérons donc l'intégrale relative à une métrique finslérienne

$$(1) \qquad \int F(x^i, x'^i, x'^0)\, du,$$

la dérivée seconde $\partial_{00}F$ étant supposée différente de zéro. Le système différentiel aux géodésiques admet l'invariant intégral relatif défini par

$$(2) \qquad \omega = \sum_i \partial_i F\, \delta x^i + \partial_0 F\, \delta x^0,$$

et l'intégrale première

$$(3) \qquad \partial_0 F = h.$$

Considérons la famille de géodésiques G_h associée à une certaine valeur de la constante h. Pour ces géodésiques, il vient de (3)

$$x'^0 = \varphi(x^i, x'^i, h),$$

φ étant homogène et de degré 1 par rapport aux x'^i. De (2) résulte pour G_h l'existence de l'invariant intégral tronqué ([3])

$$\bar{\omega} = \sum_i \partial_i F\, \delta x^i.$$

Or, d'après l'homogénéité de F,

$$\sum_i \partial_i F x'^i = F - x'^0 \partial_0 F.$$

Il en résulte que les fonctions x^i correspondant aux géodésiques G_h définissent aussi les géodésiques de l'intégrale $\int L\, du$ où

$$(4) \qquad L = F[x^i, x'^i, \varphi(x^i, x'^i, h)] - h\varphi(x^i, x'^i, h).$$

2. Dans le cas où (1) définit une métrique riemannienne

$$F^2 = g_{ij} x'^i x'^j + 2 g_{i0} x'^i x'^0 + g_{00}(x'^0)^2,$$

deux cas peuvent se présenter :

a. Si $g_{00} \neq 0$, on a

$$(5) \qquad L = \sqrt{1 - \frac{h^2}{g_{00}}} \sqrt{\gamma_{ij} x'^i x'^j} + \frac{h}{g_{00}} g_{i0} x'^i \qquad \left(\gamma_{ij} = g_{ij} - \frac{g_{i0} g_{j0}}{g_{00}}\right),$$

soit la racine carrée d'une forme quadratique plus une forme linéaire.

([2]) On a posé $\partial F/\partial x'^\alpha = \partial_\alpha F$.

([3]) *Cf.* E. Cartan, *Leçons sur les invariants intégraux*, Paris, 1922, p. 186.

b. Si $g_{00}=0$, on a

$$(6)\qquad L=h\frac{g_{ij}x'^i x'^j}{2g_{i0}x'^i}+\frac{1}{2h}g_{i0}x'^i,$$

soit le quotient d'une forme quadratique par une forme linéaire, augmenté de cette forme linéaire elle-même.

En dynamique classique, ces résultats donnent la clé des rapports existant non seulement entre le principe de Hamilton et celui de Maupertuis, mais encore entre le ds^2 d'Eisenhart (¹) (où $g_{00}=0$) et le principe de Hamilton. De plus, si un système dynamique de force vive

$$2T=a_{ij}x'^i x'^j+2b_i x'^i+2T_0$$

admet l'intégrale première H = const., le principe de Maupertuis introduit la fonction

$$L=\sqrt{(2T_0+2U+E)a_{ij}x'^i x'^j}+b_i x'^i.$$

On en déduit que les trajectoires à énergie totale déterminée E sont les géodésiques d'un ds^2 riemannien nouveau

$$ds^2=\left[(2T_0+2U+E)a_{ij}+\frac{b_i b_j}{\alpha}\right]dx^i dx^j+2b_i dx^i dx^0+\alpha(dx^0)^2,\qquad \alpha=\text{const.}$$

3. Étant donnée une fonction $L(x^i, x'^i, h)$, il existe en général une fonction $F(x^i, x'^i, x'^0)$ et une seule satisfaisant au problème que nous nous étions posé. On l'obtient en résolvant par rapport à h l'équation

$$\frac{\partial L}{\partial h}=x'^0,\qquad \text{soit}\qquad h=\psi(x^i, x'^i, x'^0).$$

On a alors

$$F=L[x^i, x'^i, \psi(x^i, x'^i, x'^0)]+x'^0\psi(x^i, x'^i, x'^0).$$

Par contre si l'on se donne l'ensemble des géodésiques dans l'espace à n dimensions, on peut choisir L à un facteur multiplicatif près fonction arbitraire de h, et il lui correspond une infinité de fonctions F. En relativité générale, la trajectoire d'un point matériel électrisé est donnée par

$$L=\sqrt{a_{ij}x'^i x'^j}-\frac{e}{m}\varphi_i x'^i,$$

où le premier terme représente la métrique riemannienne relativiste et où les φ_i désignent le potentiel-vecteur électromagnétique. La théorie de Kaluza se présente donc comme une application immédiate de la formule (5) qui peut même conduire à étendre cette théorie à des g_{00} non constants.

Nous reviendrons ultérieurement sur la courbure des différents espaces de Finsler ainsi associés les uns aux autres.

(¹) Cf. EISENHART, *Ann. of Math.*, 30, 1929, p. 591.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Oscillations d'un liquide pesant et visqueux dans un tube en U de faible diamètre* (II. *Vérification expérimentale*). *Paramètre de similitude. Critère de transition.* Note [1] de M. **Jacques Valensi** et M^lle **Claire Clarion**, présentée par M. Joseph Pérès.

Les mesures effectuées par M. Menneret [2] en 1911 fournissent les éléments pour la vérification expérimentale des calculs exposés dans une Note précédente de l'un des auteurs.

M. Menneret a étudié expérimentalement les oscillations de différents liquides dans des tubes en U de différents diamètres, et a trouvé deux régimes possibles d'oscillation périodiques et amortis, qu'il a empiriquement assimilés, le premier au régime laminaire de Poiseuille et le deuxième au régime turbulent de Blasius. Le premier régime correspond dans les expériences de M. Menneret à une valeur de l'amortissement A (rapport de deux élongations maxima successives de même sens), supérieure à 5, et le deuxième à une valeur de l'amortissement (pour une amplitude très petite d'oscillation) inférieure à 1,85.

M. Menneret trouve expérimentalement pour le f de l'équation (3) de la Note précédente, l'expression $8\pi\mu$. La différence avec la valeur théorique $5{,}784\,\pi\mu$ est vraisemblablement due aux pertes de charge dans les coudes, qui augmentent l'amortissement et le coefficient f [3].

L'existence des deux régimes laminaire et turbulent a été expliquée théoriquement dans la Note précédente.

Le tableau où l'on trouvera les notations de la Note précédente rassemble la totalité des mesures de M. Menneret relatives au premier régime. Il y a été ajouté les valeurs théoriques de $\log A$ et de ω/ω_p correspondant à

$$R\sqrt{\frac{2\lambda}{\nu}} = 2{,}405,$$

ainsi que celles du paramètre de similitude $R^2(\omega_p/\nu)$.

Les mesures de Menneret relatives au deuxième régime montrent que les valeurs expérimentales de $R\sqrt{(2\lambda/\nu)}$ encadrent la valeur théorique 5,52, qui

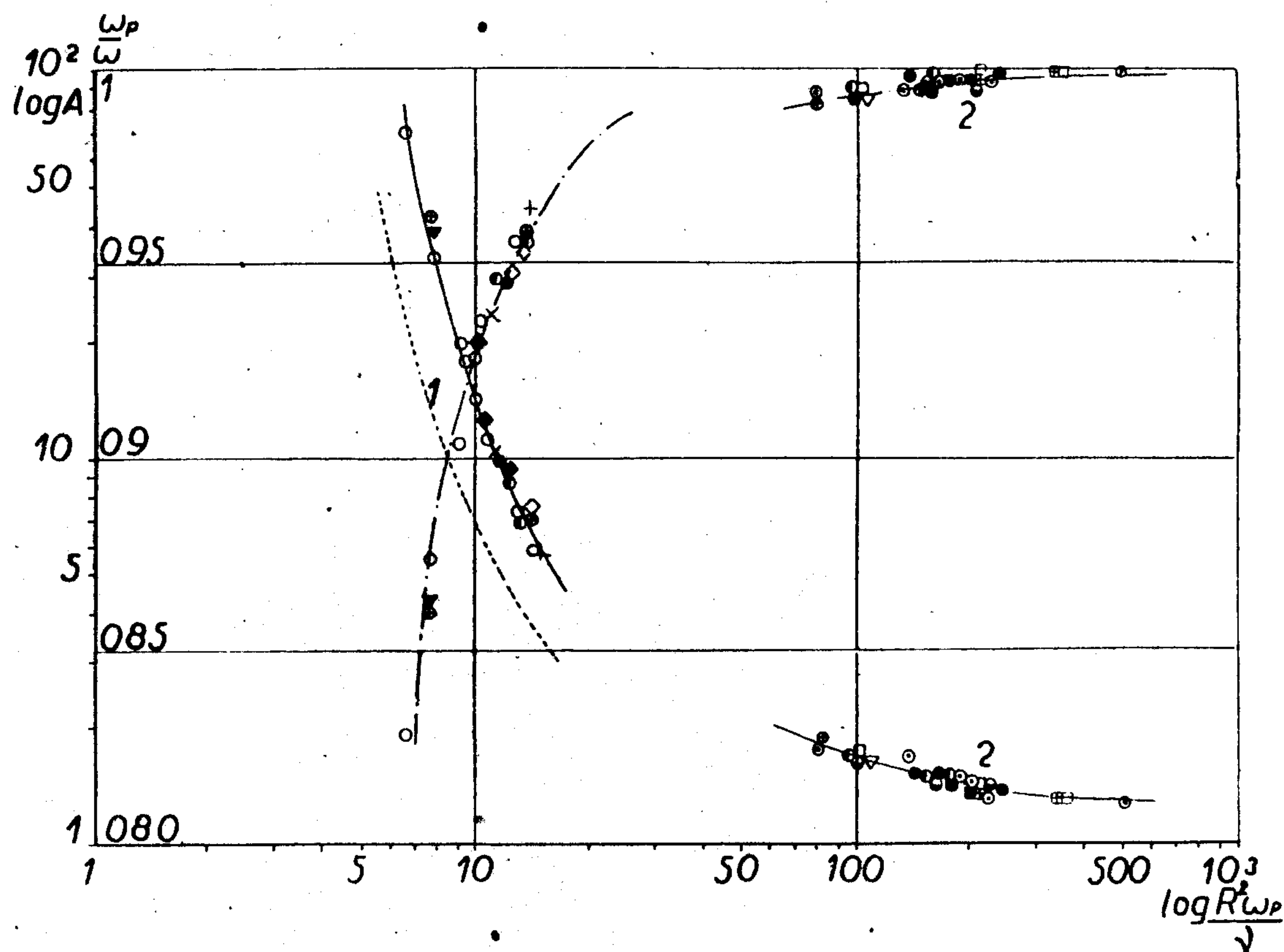
(1) Séance du 10 février 1947.

(2) Thèse de doctorat ès sciences physiques, Paris, 1911 : *Mouvement oscillatoire et mouvement uniforme des liquides dans les tubes cylindriques. Coefficient de frottement interne.* Imprimerie Allier Frères, Grenoble, 1911.

(3) Si dans les expression (1) de la Note précédente on remplace $R\sqrt{2\lambda/\nu}$ non par la valeur théorique 2,405 correspondant au premier régime, mais par les valeurs de $R\sqrt{2\lambda/\nu}$ données par l'expérience dans le premier régime, on trouve très approximativement $f = 8\pi\mu$, mais alors la condition de nullité de la vitesse à la paroi n'est pas satisfaite.

correspondrait, pour un écoulement laminaire, à un profil de vitesse inadmissible. Le deuxième régime de Menneret est donc bien un régime turbulent.

On a porté dans la figure, respectivement, $\log A$ ou $\log A_0$ (deuxième



Courbes 1 (régime laminaire).

Trait plein : $\log A = f_1\left(\log R^2 \frac{\omega_p}{\nu}\right)$; *trait mixte* : $\frac{\omega}{\omega_p} = \varphi_1\left(\log R^2 \frac{\omega_p}{\nu}\right)$ d'après les expériences de Menneret; l'équation de ces courbes correspond à $R\sqrt{\frac{2\lambda}{\nu}} = 2,812$, moyenne arithmétique des valeurs expérimentales, avec $\lambda^2 + \omega^2 = \omega_p^2$; *pointillé* : $\log A = F\left(\log R^2 \frac{\omega_p}{\nu}\right)$ d'après la théorie.

Courbes 2 (régime turbulent).

Trait plein : $\log A_0 = f_2\left(\log R^2 \frac{\omega_p}{\nu}\right)$; *trait mixte* : $\frac{\omega}{\omega_p} = \varphi_2\left(\log R^2 \frac{\omega_p}{\nu}\right)$.

régime), en fonction de $\log R^2(\omega_p/\nu)$, et ω/ω_p en fonction de $\log R^2(\omega_p/\nu)$, en utilisant toutes les mesures de M. Menneret dans le premier et le deuxième régime. Les points expérimentaux se trouvent répartis sur deux courbes I et II correspondant l'une au régime laminaire et l'autre au régime turbulent, ce qui prouve bien que $R^2(\omega_p/\nu)$ est le paramètre de similitude dans le mouvement oscillatoire d'un fluide visqueux.

Entre les courbes I et II se trouve une région critique, qui correspond à la

coexistence des deux régimes d'oscillation, le passage de l'un à l'autre s'effectuant d'une manière discontinue.

Le domaine critique est caractérisé par $R^2\omega_p/\nu$ compris entre 20 et 70.

La condition $20 \leqq R^2(\omega_p/\nu) \leqq 70$ permet de calculer la gamme des fréquences de pulsation du jet que l'on observe dans l'écoulement dit stationnaire des liquides, dans un tube cylindrique de faible diamètre, au régime critique.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *De la circulation dans un fluide visqueux incompressible.* Note [1] de M. **Ion Cârstoiu**, présentée par M. Henri Villat.

1. Considérons la circulation

$$C_L = \int_L u\,dx + v\,dy + w\,dz \tag{1}$$

le long d'une ligne fluide fermée L, à l'instant t, dans un fluide visqueux incompressible, en mouvement par rapport à un système d'axes fixes $Oxyz$. En supposant les forces de masse conservatives, on a les équations

$$\frac{du}{dt} = \frac{\partial Q}{\partial x} + \nu\Delta u, \qquad \ldots \tag{2}$$

Soient

$$x = x(\lambda, t), \qquad \ldots$$

les équations de la ligne L. Le potentiel Q étant supposé uniforme, on a

$$\frac{dC_L}{dt} = \nu \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \left(\Delta u \frac{\partial x}{\partial \lambda} + \Delta v \frac{\partial y}{\partial \lambda} + \Delta w \frac{\partial z}{\partial \lambda} \right) d\lambda. \tag{3}$$

La variation de la circulation dans l'unité de temps représente donc le travail du vecteur $\nu\Delta\vec{V} = -\nu\,\mathrm{rot}\,\mathrm{rot}\,\vec{V}$, le long de la ligne L.

Supposons qu'on puisse avoir

$$\Delta u = \frac{\partial \varphi}{\partial x}, \qquad \Delta v = \frac{\partial \varphi}{\partial y}, \qquad \Delta w = \frac{\partial \varphi}{\partial z}, \tag{4}$$

ou, si l'on veut, que le vecteur tourbillon soit une fonction harmonique

$$\Delta\xi = \Delta\eta = \Delta\zeta = 0. \tag{5}$$

Cela revient à dire, dans les hypothèses déjà admises, que les accélérations dépendent d'un potentiel. Dans ce cas, $C_L =$ const., et l'on peut énoncer que, *l'existence d'un potentiel uniforme pour les accélérations dans un fluide visqueux incompressible, a comme conséquence la constance (par rapport au temps) de la circulation*. Le théorème de Lord Kelvin reste donc valable, pour ces cas particuliers de mouvements. Il semble qu'on ne l'ait pas encore remarqué.

2. On peut retrouver ce résultat de la façon suivante. Introduisons les

---

[1] Séance du 17 février 1947.

variables de Lagrange. Les équations (2) deviennent

$$(6)\qquad \left(\frac{du}{dt}-\nu\,\Delta u\right)\frac{\partial x}{\partial a}+\left(\frac{dv}{dt}-\nu\,\Delta v\right)\frac{\partial y}{\partial a}+\left(\frac{dw}{dt}-\nu\,\Delta w\right)\frac{\partial z}{\partial a}=\frac{\partial Q}{\partial a},\qquad \ldots$$

Intégrons par rapport au temps. Il vient

$$(7)\qquad u\frac{\partial x}{\partial a}+v\frac{\partial y}{\partial a}+w\frac{\partial z}{\partial a}-u_0-\alpha=\frac{\partial \chi}{\partial a},\qquad \ldots$$

avec

$$\alpha=\nu\int_{t_0}^{t}\left(\Delta u\frac{\partial x}{\partial a}+\Delta v\frac{\partial y}{\partial a}+\Delta w\frac{\partial z}{\partial a}\right)dt,\qquad \ldots,$$

$$\chi=\int_{t_0}^{t}\left(Q+\frac{1}{2}V^2\right)dt.$$

Les trois équations (7) généralisent les équations de Weber [2]. En multipliant ces équations par *da*, *db*, *dc* et en ajoutant, on obtient

$$(8)\qquad u\,dx+v\,dy+w\,dz-(u_0\,da+v_0\,db+w_0\,dc)=d\chi+\alpha\,da+\beta\,db+\gamma\,dc.$$

La variation de la circulation est donc donnée par

$$(9)\qquad C_L-C_{L_0}=\int_L \alpha\,da+\beta\,db+\gamma\,dc.$$

Pour que la circulation se conserve dans le temps, il faut que le second membre de (9) soit une différentielle totale exacte. Donc, le vecteur tourbillon doit être une fonction harmonique.

3. Il y a une catégorie importante de mouvements, où cette circonstance se présente. En effet, *dans le mouvement lent permanent d'un fluide visqueux incompressible, le vecteur tourbillon est une fonction harmonique. On en conclut que la circulation se conserve dans le temps et que, par suite, les théorèmes de la Mécanique des fluides parfaits s'y appliquent.*

HYDRAULIQUE — *Questions relatives à l'équilibre des membranes d'épaisseur variable; application à la théorie des barrages.* Note de M. **Henri Pailloux**, présentée par M. Henri Béghin.

L'étude de la forme d'un barrage de retenue d'eau se fait en recherchant une solution exacte des équations de l'élasticité qui satisfasse plus ou moins à certaines conditions aux limites, ou par emploi direct des raisonnements de la résistance des matériaux. Il est utile pour aborder le calcul de faire certaines hypothèses simplificatrices. Nous nous sommes proposé de faire

---

[2] Voir, par exemple, Paul Appell, *Traité de Mécanique rationnelle*, t. III, 3e éd., 1928, pp. 343-344.

l'étude des barrages dont l'épaisseur pouvait être négligée vis-à-vis des autres dimensions. Le problème se pose ainsi :

I. Déterminer la forme d'une membrane de faible épaisseur et le système des tensions en chaque point, de telle manière qu'elle soit en équilibre sous l'action d'une pression hydrostatique et de son poids, la surface étant parfaitement souple et ne pouvant en conséquence qu'offrir des tensions tangentes. Ce sont des conditions importantes pour un massif de maçonnerie. Nous avons laissé de côté la répartition réelle des efforts dans l'épaisseur faible de cette paroi.

Ainsi, parmi les barrages cylindriques à génératrices horizontales et d'épaisseur constante, en équilibre dans les conditions ci-dessus, on trouve celui dont la section droite est un cercle orthogonal à la surface libre, sous réserve de choisir convenablement la densité. Un inconvénient de cette sorte de barrage est son équilibre à vide ou lorsqu'il est partiellement plein.

Le problème I est énoncé sous une forme trop peu précise; car, pour une forme de surface donnée à priori, il est possible de déterminer la distribution des tensions moyennant des conditions de contour, mais c'est un problème difficile. Aussi semble-t-il préférable de faire des hypothèses sur la distribution des tensions dans la membrane.

II. Nous avons commencé par étudier l'équilibre d'une portion de surface sous son propre poids (barrage à vide) de façon que toute tranche isolée définie par deux lignes de pente soit en équilibre en adjoignant aux poids des tensions, seulement aux extrémités. On montre que, pour un tel barrage, l'inclinaison du plan tangent sur la verticale est la même dans toute section horizontale. Il est naturel, au cours du calcul, de faire une hypothèse supplémentaire : l'épaisseur du barrage est constante dans toute section horizontale. D'où il résulte que la tension unitaire relative à une telle section ne dépend que de la cote. La solution comporte néanmoins un arbitraire considérable.

Parvenant au cas du barrage plein (problème I), nous faisons, pour les tensions unitaires en un point, l'hypothèse qu'elles sont normales à la coupure correspondante. Comme précédemment, il est intéressant de supposer que l'épaisseur du barrage ne dépend que de la cote, d'où résulte encore que la tension unitaire ne dépend que de la cote. Le problème n'est pas déterminé.

Nous admettons alors finalement que la membrane satisfait à vide aux conditions du problème II, et à plein aux conditions du problème I. L'arbitraire diminue considérablement, et le problème se ramène à résoudre une équation différentielle du troisième ordre assez compliquée (ou les trois équations du premier ordre qui définissent l'inclinaison du plan tangent, l'épaisseur de la membrane, et la tension unitaire dans le barrage à plein, en fonction de la cote). L'équation étant supposée intégrée, il reste, pour déter-

miner la forme de la surface, à intégrer une équation aux dérivées partielles

$$p^2 + q^2 = F(z),$$

ce qui est aisé par la méthode des caractéristiques. On peut aussi se borner à rechercher l'intégrale de révolution.

HYDRAULIQUE. — *Calcul d'une chambre d'équilibre à étranglement dont le canal d'amenée capte un débit d'apport intermédiaire par un puits de section négligeable en tenant compte des pertes de charge. Application à l'usine d'Olette.* Note [1] de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Dans une Note récente [2] nous traitions le même problème, en l'absence d'étranglement et de pertes de charge. La figure 1 représente le système étudié

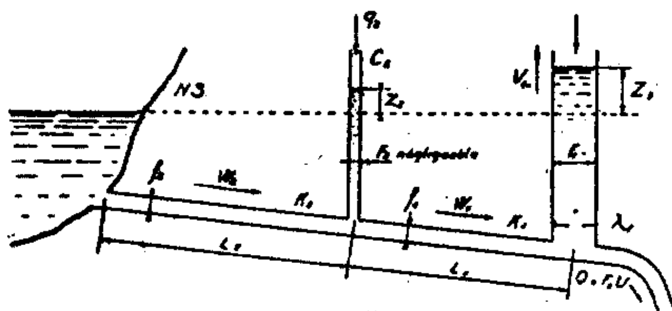


Fig. 1.

dans lequel la section F_2 du puits de captation du débit d'apport q_2 est négligeable et précise certaines notations : il existe des pertes de charge $P_1 = K_1 W_1^2$ et $P_2 = K_2 W_2^2$ dans les deux tronçons du canal d'amenée et $R_2 = \lambda_1 F_1^2 V_1^2$ dans l'étranglement.

1° Si l'on pose

$$T' = 2\pi\sqrt{\left(\frac{L_1}{f_1} + \frac{L_2}{f_2}\right)\frac{F_1}{g}}, \qquad Z'_* = U_0\frac{T'}{2\pi},$$

$$Q_0 = FU_0 = f_1 W_{01} = f_2 W_{02}, \qquad q_2 = f_2 W_{a2},$$

$$P_{01} = K_1 W_{01}^2, \qquad P_{02} = K_2 W_{02}^2, \qquad R_0 = \lambda_1 F_1^2 V_0^2,$$

$$z_1 = \frac{Z_1}{Z'_*}, \qquad t' = \frac{t}{T'}, \qquad z_2 = \frac{Z_2}{Z'_*}, \qquad v_1 = \frac{V_1}{V_0}, \qquad w_1 = \frac{W_1}{W_{01}}, \qquad w_2 = \frac{W_2}{W_{02}},$$

$$p_{01} = \frac{P_{01}}{Z'_*}, \qquad p_{02} = \frac{P_{02}}{Z'_*}, \qquad r_0 = \frac{R_0}{Z'_*},$$

on établit aisément les relations suivantes :

$$v_1\frac{dv_1}{dz_1} + \frac{1}{2\pi}\frac{du}{dt'} + z_1 + \varepsilon_2 p_2 + \varepsilon_1 p_1 + \varepsilon' r = 0,$$

$$w_1 = v_1 + u, \qquad w_2 = v_1 + u - w_{a2},$$

$$p_1 = p_{01} w_1^2, \qquad p_2 = p_{02} w_2^2, \qquad r = r_0 v_1^2,$$

---

[1] Séance du 10 février 1947.

[2] *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 185.

ε_1, ε_2, ε' ayant pour valeur absolue l'unité et pour signes respectivement ceux de w_2, w_1, v_1.

2° *Étude d'une fermeture complète instantanée du débit* Q_0 *des turbines.* — On a, dans ce cas

$$u = \frac{du}{dt'} = 0, \qquad \dot{w}_1 = v_1, \qquad w_2 = v_1 - w_{a2},$$

$$p_1 = p_{01} v_1^2, \qquad p_2 = p_{02}(v_1 - w_{a2})^2, \qquad r = r_0 v_1^2,$$

$$v_1 \frac{dv_1}{dz_1} + z_1 + \varepsilon_2 p_{02}(v_1 - w_{a2})^2 + (\varepsilon_1 p_{01} + \varepsilon' r_0) v_1^2 = 0,$$

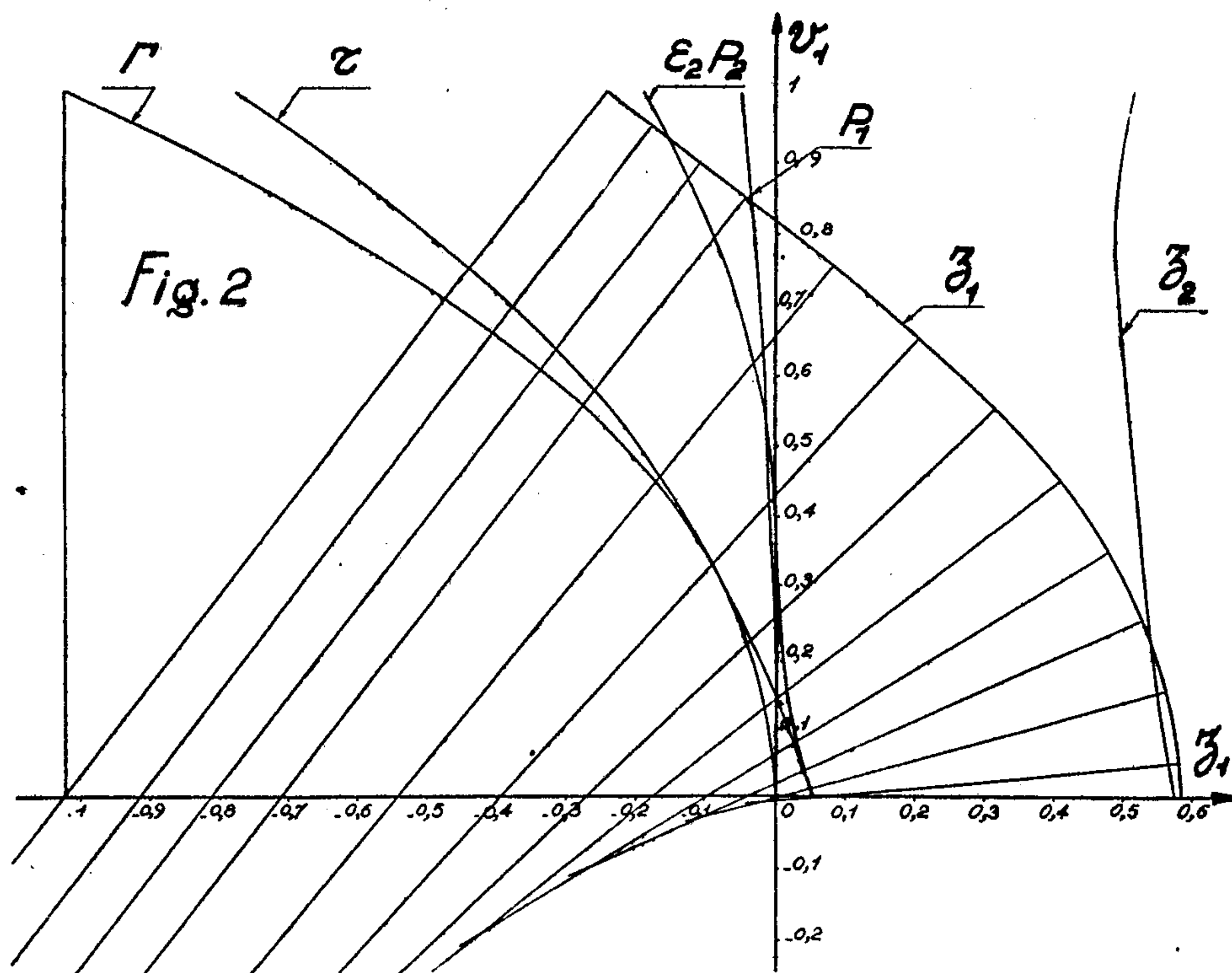
équation qui peut être résolue par la méthode graphique habituelle, compte tenu des conditions initiales

$$v_1 = 0, \qquad w_1 = 1, \qquad w_2 = 1 - w_{a2},$$

$$p_1 = p_{01}, \qquad p_2 = p_{02}(1 - w_{a2})^2, \qquad r = r_0, \qquad \varepsilon_2 = \varepsilon_1 = \varepsilon' = +1,$$

$$z_1 = -p_{02}(1 - w_{a2})^2 - p_{01}, \qquad \left(\frac{dv_1}{dz_1}\right)_0 = -r_0,$$

$$\left|\left(\frac{d^2 v_1}{dz_1^2}\right)\right|_0 = |1 - r_0[r_0 + 2p_{01} + 2p_{02}(1 - w_{a2})]|.$$



La figure 2 donne l'application de cette construction graphique à l'étude de la première montée du plan d'eau dans la chambre de l'Usine d'Olette, de la S. N. C. F.; la courbe Γ donnant $\varepsilon_2 p_2 + \varepsilon_1 p_1 + \varepsilon' r$ en fonction de v_1.

3° *Étude d'une ouverture instantanée, de zéro à* Q_0 *du débit des turbines.* —

On a, dans ce cas, pendant toute la première descente,

$$u=1,\qquad \frac{du}{dt'}=0,\qquad w_1=v_1+1,\qquad w_2=v_1+1-w_{a2},$$

$$p_1=p_{01}(v_1+1)^2,\qquad p_2=p_{02}(v_1+1-w_{a2})^2,\qquad r=r_0 v_1^2,$$

$$v_1\frac{dv_1}{dz_1}+z_1+\varepsilon_2 p_2+p_1-r=0,$$

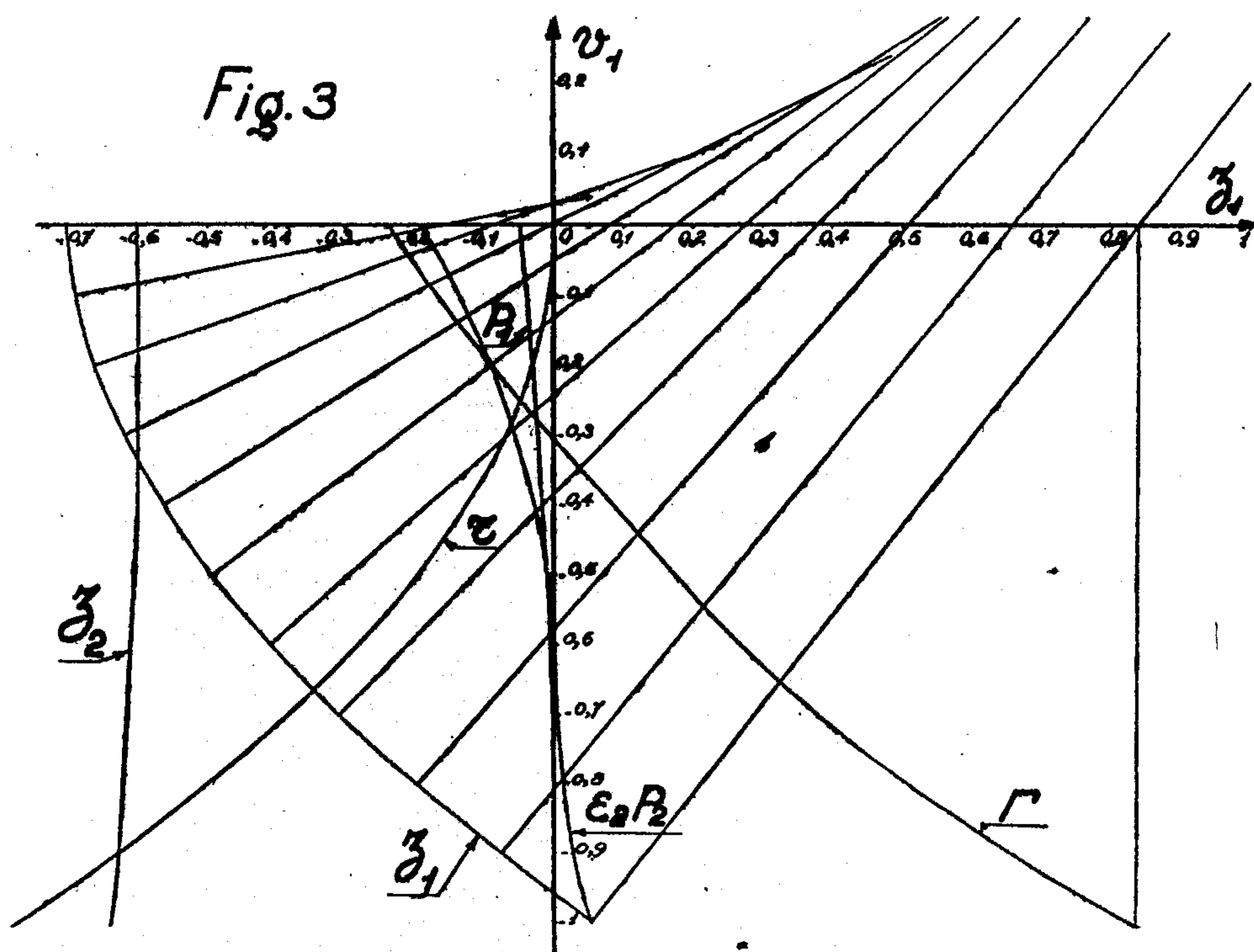
ε_2 ayant le signe de $1-w_{a2}$, avec les conditions initiales

$$w_1=0,\qquad v_1=-1,\qquad w_2=-w_{a2},\qquad z_1=z_2=p_{02}w_{a2}^2,$$

$$p_1=0,\qquad p_2=p_{02}w_{a2}^2,\qquad r=r_0,\qquad \varepsilon_2=-1,$$

$$\left(\frac{dv_1}{dz_1}\right)_0=-r_0,\qquad \left|\frac{d^2v_1}{dz_1^2}\right|=|1-r_0^2-2p_{02}w_{a2}r_0|.$$

Le problème se résout alors graphiquement, par le procédé classique des



normales; la figure 3 montre la construction de la courbe (z_1, v_1) durant la première descente du plan d'eau, dans la chambre d'Olette, la courbe Γ donnant $\varepsilon_2 p_2+p_1-r$ en fonction de v_1.

RELATIVITÉ. — *Sur les théorèmes généraux de la dynamique.*
Note (1) de M. **Olivier Costa de Beauregard.**

Lemme. — *Étant donné, par définition, un système de N torseurs formés chacun d'un quadrivecteur glissant* $p^i_{(r)}$ *dit* résultante *et d'un tenseur antisymétrique* $s^{ij}_{(r)}$ *dit* couple, *il est possible de définir univoquement un torseur formé d'un quadrivecteur glissant*

$$P^i = \sum p^i, \tag{1}$$

et d'un couple $S^{ij} \equiv - S^{ji}$ *satisfaisant à la condition*

$$S^{ij} P_j = 0, \tag{2}$$

de telle manière qu'on ait, quelle que soit l'origine des espaces-temps,

$$X^j P^i - X^i P^j + S^{ij} = \sum [x^j p^i - x^i p^j + s^{ij}]. \tag{3}$$

$$(i, j, k, l = 1, 2, 3, 4).$$

En effet, les (2) et (3) constituent un système de 10 équations linéaires, dont 9 seulement sont indépendantes, par rapport aux 10 inconnues X^i et S^{ij}; si, par exemple, P^i est du genre temps, dans un repère galiléen *propre* $\mathcal{G}_0$ de ce quadrivecteur, les trois S^{u4}_0 sont nulles en vertu de (2), et les (3) s'écrivent

$$X^u_0 P^4_0 = \sum [x^u_0 p^4_0 - x^4_0 p^u_0 + s^{4u}_0], \qquad S^{uv}_0 = \sum [x^v_0 p^u_0 - x^u_0 p^v_0 + s^{uv}_0];$$

$(u, v = 1, 2, 3)$; des dix inconnues, X^4_0 reste indéterminée.

Maintenant, si les N quadrivecteurs p^i sont non plus glissants, mais liés, il est possible de lier aussi le quadivecteur P^i moyennant la 10e équation

$$X^i P_i = \sum x^i p_i, \tag{4}$$

qui, dans le repère $\mathcal{G}_0$, s'écrit

$$X^4_0 P_{04} = \sum x^i_0 p_{0i};$$

par définition, l'instant-point X^i sera dit *barycentre d'Univers* du système des N torseurs.

Théorèmes. — *Reprenons alors les équations* (4) *et* (5) *de notre précédente Note* (2), *valables pour un système de points en interaction, mais non soumis à des forces extérieures; considérant le double système de torseurs* p^i, s^{ij} *d'une part,* $T^{ik}\,\delta u_k$, $\sigma^{ijk}\,\delta u_k$ *d'autre part, ces équations montrent que, tous les torseurs élémen-*

---

(1) Séance du 3 février 1947.

(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 333.

taires variant en fonction du paramètre θ, *le torseur résultant est conservatif.* I, *sa résultante* P^i, *dite* impulsion-masse totale *ou, fictivement,* impulsion-masse du barycentre, *est constante en grandeur;* II, *la ligne d'action de cette résultante est fixe dans l'Univers, et mérite ainsi le nom de* trajectoire du barycentre; III, *le couple* S^{ij}, *dit* moment cinétique-moment barycentrique ([3]) autour du barycentre *ou encore, fictivement,* spin du barycentre, *est constant.*

Le théorème I, pour $i=4$, contient à la fois le théorème (et non plus le principe) de la conservation de la masse totale du système *points + champ*, et le théorème des forces vives; pour ce dernier, les deux précisions nouvelles relativement à la mécanique newtonienne sont la loi de distribution de l'énergie potentielle dans le champ, et la fixation de la constante d'intégration. Pour $i=1, 2, 3$, on a le théorème de l'impulsion sous une forme généralisée, s'accompagnant du rejet du principe de l'égalité à distance de l'action et de la réaction, et admettant la notion d'une impulsion potentielle distribuée dans le champ.

D'après le théorème II, le barycentre du système *points + champ* est animé d'un mouvement rectiligne et uniforme. Dans l'Univers, la quadri-vitesse du barycentre en translation rectiligne uniforme, et fictivement doué d'impulsion-masse et de spin, est colinéaire à l'impulsion-masse ([4]).

Le théorème III, pour $i, j=u, v=1, 2, 3$, généralise le théorème du moment cinétique et, pour $i, j=u, 4$, il répète les mêmes énoncés relativement au moment barycentrique; le spin S^{ij} du barycentre apparaît comme la somme d'un terme lié aux points et d'un terme distribué dans le champ; à son tour, chacun de ces termes est la somme d'un terme *orbital* et d'un terme *propre*.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Algorithmes et théories physiques.* Note de M. Michel Cazin.

Dans une série de Notes ([1]) nous avons défini un calcul vectoriel gauche et montré qu'il permettait de résoudre toutes les questions d'ordre cinématique et cinétique concernant les mouvements relatifs en mécanique ondulatoire. La réussite de ce calcul demande à être expliquée : la présente Note est un premier pas vers ce but.

1. Nous appellerons :

Équipollence par rapport à une opération interne n-aire dans un ensemble E,

---

([3]) Pour la définition de cette notion, voir notre *Théorie des milieux continus doués d'une densité de moment cinétique propre* (*Journ. de Math.*, XXII, 2, 1943, p. 121).

([4]) Cette remarque trouve son application en mécanique ondulatoire des particules à spin, dans la théorie de l'onde plane monochromatique.

([1]) *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 992, 1079 et 1207.

une relation d'équivalence complètement régulière et complètement simplifiable par rapport à cette opération.

Équipollence par rapport à une opération externe, une relation d'équivalence régulière et simplifiable par rapport à cette opération; une équivalence sera dite une *équipollence* par rapport à p opérations externes et à q opérations internes respectivement n_1-aire, n_2-aire, ..., n_q-aire, si elle est une équipollence par rapport à chacune de ces opérations.

Algorithme simple, un triple (E, Ω, $=$) constitué par un ensemble E, une opération interne n-aire conditionnelle ou non Ω et une relation d'équipollence $=$ par rapport à cette opération Ω.

Algorithme à ensemble fondamental, un quadruple (E, $\mathcal{F}$, $\mathcal{O}$, $=$) constitué par un ensemble E dit ensemble fondamental, une famille $\mathcal{F}$ d'ensembles auxiliaires, un ensemble $\mathcal{O}$ d'opérations généralisées définies sur E, une relation d'équipollence $=$ par rapport aux opérations de l'ensemble $\mathcal{O}$.

Algorithme complexe, un quadruple ($\mathcal{E}$, $\mathcal{F}$, $\mathcal{O}$, $\mathcal{S}$) constitué par une famille d'ensembles fondamentaux $\mathcal{E}$, une famille $\mathcal{F}$ d'ensembles auxiliaires par rapport aux ensembles de la famille $\mathcal{E}$, un ensemble $\mathcal{O}$ d'opérations généralisées définies chacune sur un des ensembles de la famille $\mathcal{E}$, un ensemble $\mathcal{S}$ d'équipollences définies chacune sur un des ensembles de la famille $\mathcal{E}$ et par rapport aux opérations de l'ensemble $\mathcal{O}$ qui sont définies sur l'ensemble correspondant.

Sur les algorithmes entendus en ce sens, se posent les mêmes questions que sur les groupes et les algèbres, notamment les questions d'isomorphisme et d'homomorphisme, de représentation et de décomposition; mais les complications sont plus grandes. Le problème de décomposition se scinde en deux problèmes successifs : 1° un algorithme étant donné, examiner s'il est possible de le décomposer en produits d'algorithmes à ensembles fondamentaux; 2° dans le cas où des facteurs de la décomposition sont des algorithmes à ensemble fondamental, étudier la décomposition de ces facteurs.

2. Une théorie physique sera dite *contenir un algorithme* si, dans cette théorie, on peut trouver un quadruple ($\mathcal{E}$, $\mathcal{F}$, $\mathcal{O}$, $\mathcal{S}$) qui constitue un algorithme. Une théorie physique sera dite *posséder une structure formelle* s'il existe une théorie partielle de cette théorie qui constitue un algorithme ayant une certaine structure.

Un algorithme sera dit *sous-tendre* une théorie physique Th s'il existe une théorie partielle de cette théorie Th qui soit isomorphe à l'algorithme considéré. Un algorithme sera dit *sous-tendre complètement* une théorie, s'il est un algorithme maximal sous-tendant cette théorie, c'est-à-dire que cet algorithme ne peut pas être algorithme partiel d'un algorithme qui sous-tend la même théorie; on peut établir alors que *pour toute théorie physique, il existe un algorithme maximal qui la sous-tend.* Par suite, *la structure formelle d'une théorie physique sera la structure de l'algorithme qui la sous-tend complètement.*

3. Le terme de théorie englobante étant pris dans le sens que lui donne

M. J.-L. Destouches ([2]), c'est-à-dire de théorie contenant tous les termes et tous les énoncés des théories qu'elle englobe, on peut établir le théorème suivant : *une théorie physique englobante, lorsqu'elle existe, contient toutes les structures formelles des théories qu'elle englobe.* Il en résulte que la structure formelle d'une théorie englobante est formée par la réunion des structures des théories englobées.

Comme l'a indiqué Mme Destouches-Février ([3]), la condition nécessaire et suffisante pour qu'une théorie nouvelle Th remplace une théorie ancienne Th_0 est qu'elle possède un domaine d'adéquation D qui contienne celui de Th_0, soit D_0 ; dans ce cas, Th est dite *meilleure* que Th_0. Nous avons alors ce théorème : *Si une théorie physique* Th *est meilleure qu'une théorie* Th_0, *l'algorithme* A *sous-tendant complètement* Th *contient un algorithme partiel* A_1 *qui est au moins aussi faible qu'un algorithme* A_0 *sous-tendant* Th_0 ; *de plus, ou bien il existe un algorithme* A_2 *sous-tendant* Th, *dit maximal par rapport à* A_0, *qui a même structure que* A_0 ; *ou bien, s'il a une structure plus faible, il n'existe pas d'algorithme ayant une structure moins faible que* A_2, *au plus identique à celle de* A_0, *et qui sous-tende* Th. En particulier, A_0 peut être l'algorithme sous-tendant complètement Th_0.

Ce théorème établit de quelle manière les structures formelles des théories physiques subsistent en s'affaiblissant dans les théories ultérieures. C'est ainsi qu'en mécanique ondulatoire, le calcul vectoriel de la mécanique classique s'affaiblit en un calcul non commutatif, dit calcul vectoriel gauche.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Calcul tensoriel gauche.* Note de Mlle JEANNINE VIARD.

1. On a vu ([1]) que par rapport à un repère non commutatif non holonome, un vecteur $\vec{x}$ peut s'exprimer soit par ses composantes droites x^i_d, soit par ses composantes gauches x^i_g. Si l'on considère un changement de base faisant passer d'un repère $\{\vec{e}_i\}$ à un autre repère $\{\vec{E}_j\}$ non commutatif non holonome, et le changement inverse, définis par

$$\vec{e}_i = \alpha^j_{i,d}\,\vec{E}_j = \vec{E}_j\,\alpha^j_{i,g}, \qquad \vec{E}_j = \beta^i_{j,d}\,\vec{e}_i = \vec{e}_i\,\beta^i_{j,g},$$

les composantes droites et gauches d'un vecteur $\vec{x}$ se transforment dans le changement de base précédent, suivant

$$x^i_d = X^j_d\,\beta^i_{j,d}, \qquad x^i_g = \beta^i_{j,g}\,X^j_g, \qquad X^j_d = x^i_d\,\alpha^j_{i,d}, \qquad X^j_g = \alpha^j_{i,g}\,x^i_g.$$

([2]) *Essai sur l'unité de la Physique théorique* (Thèse de Doctorat ès lettres, Paris, 1938); *Principes fondamentaux de Physique théorique*, 1, p. 128.

([3]) *Essai sur la structure des théories physiques*, Thèse, Paris, 1945.

([1]) M. CAZIN et J. VIARD, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 452.

Les x^i_d et x^i_g sont dites *composantes droites et gauches contravariantes* du vecteur $\vec{x}$ par rapport à la base $\{\vec{e}_i\}$.

On définit aussi pour un vecteur quelconque $\vec{x}$ des *composantes droites et gauches covariantes* par

$$x_{d,i} = (\vec{x}.\vec{e}_i), \qquad x_{g.i} = (\vec{e}_i.\vec{x});$$

ces composantes se transforment dans le changement de base par

$$x_{d,i} = X_{d,j}\alpha^j_{i,g}, \qquad x_{g.i} = \alpha^j_{i,d}X_{g.j}.$$

Entre les composantes covariantes et contravariantes d'un vecteur, on a les relations

$$x_{d.i} = x^j_d g_{ji}, \qquad x_{g,i} = g_{ij}x^j_g \qquad \text{avec} \quad g_{ij} = (\vec{e}_i.\vec{e}_j).$$

Le produit scalaire de deux vecteurs a alors pour expression

$$(\vec{x}.\vec{y}) = x^i_d y_{g.i} = x_{d.j}y^j_g.$$

On définit le produit tensoriel (ou produit kroneckerien) d'un espace E_n à n dimensions par lui-même; les vecteurs de base de l'espace produit sont $\vec{e}_{ij} = \vec{e}_i \odot \vec{e}_j$. Lors d'un changement de base dans l'espace composant les transformations, des vecteurs de base de l'espace produit peuvent se mettre sous deux formes différentes

$$\vec{e}_{ij} = \vec{e}_i \odot \vec{e}_j = \alpha^k_{i,d}\vec{E}_k \odot \vec{E}_l \alpha^l_{j,g} = \alpha^k_{i.d}\vec{E}_{kl}\alpha^l_{j.g},$$
$$\vec{e}_{ij} = \vec{e}_i \odot \vec{e}_j = \vec{E}_k \alpha^k_{i,g} \odot \alpha^l_{j,d}\vec{E}_l.$$

Ceci conduit à diviser les ensembles d'éléments à deux indices, qui sont en théorie classique des tenseurs du second ordre, en trois catégories distinctes :

1° *Les tenseurs vectoriels* du second ordre qui sont des vecteurs de l'espace produit;

2° *les tenseurs vrais* du second ordre qui seront dits *covariants* ou *contravariants* si, dans le changement de base précédent, leurs composantes se transforment respectivement suivant

$$t_{ij} = \alpha^k_{i,d}T_{kl}\alpha^l_{j,g} \qquad \text{ou} \qquad t^{ij} = \beta^i_{k,g}T^{kl}\beta^j_{l,d};$$

ils seront dits *mixtes* s'ils se transforment suivant

$$t_i{}^j = \alpha^k_{i,d}T_k{}^l\beta^j_{l,d} \qquad \text{ou} \qquad t^i{}_j = \beta^i_{k,g}T^k{}_l\alpha^l_{j,g};$$

3° *les quantités tensorielles*, qui se présentent comme des ensembles de produits, et qui seront dites *covariantes* ou *contravariantes* si elles se transforment dans le changement de base respectivement selon

$$u_i v_j = U_k\alpha^k_{i,g}\alpha^l_{j,d}V_l \qquad \text{ou} \qquad u^i v^j = U^k\beta^i_{k,d}\beta^j_{l,g}V^l;$$

enfin elles seront dites *mixtes* si elles se transforment selon

$$u_i v^j = U_k \alpha^k_{i,j} \beta^j_{l,g} V^l \qquad \text{ou} \qquad u^i v_j = U^k \beta^i_{k,d} \alpha^l_{j,d} V_l.$$

A ces types tensoriels on peut associer des éléments *cotensoriels* par échange des indices i et j dans les formules de transformation; leur variance est différente.

3. Sur les trois catégories d'expressions précédentes ayant des variances tensorielles on définit les opérations habituelles sur les tenseurs avec des propriétés particulières :

La somme (ou la différence) de deux tenseurs vectoriels, le produit à gauche ou à droite d'un tenseur vectoriel par un opérateur scalaire donnent un tenseur vectoriel de même variance. Le produit scalaire de deux tenseurs vectoriels est le produit scalaire de deux vecteurs de l'espace produit.

La somme (ou la différence) de deux tenseurs vrais de même variance est un tenseur vrai de même variance. Le produit d'un tenseur vrai par un opérateur scalaire n'est plus un tenseur vrai. Au contraire, on montre que la somme (ou la différence) de deux quantités tensorielles n'est pas une quantité tensorielle, tandis que le produit à gauche ou à droite d'une quantité tensorielle par un opérateur scalaire est une quantité tensorielle de même variance.

On définit encore pour une expression tensorielle mixte l'opération de contraction, appliquée à une quantité tensorielle elle donne un invariant; il n'en est plus de même si on l'applique à un tenseur vrai.

On vérifie que la propriété de symétrie ou d'antisymétrie d'un tenseur ou d'une quantité tensorielle n'est plus une propriété intrinsèque de l'expression tensorielle considérée, mais est relative au repère auquel sont rapportées ses composantes.

PHYSICOLOGIQUE. — *Sur la notion d'adéquation et le calcul minimal de Johansson.* Note de M[me] **Paulette Destouches-Février.**

La notion fondamentale qui, au point de vue de la forme, caractérise une théorie physique, est la notion d'*adéquation relative à un champ expérimental* déterminé. Nous avons défini ailleurs (1) le *domaine d'adéquation d'une théorie physique,* mais, pour pousser plus en détail les discussions, on doit compléter cette notion globale par une propriété attachée à une proposition d'une manière analogue à une valeur de vérité ou analogue à une modalité.

Soient un champ expérimental C et une théorie physique Th; une proposition p vraie dans cette théorie sera dite *adéquate relativement à* C si son affirmation est en accord avec les résultats de C; la proposition p sera dite *inadéquate relativement à* C si son affirmation est en désaccord avec les résultats de C.

---

(1) *Comptes rendus,* **220**, 1945, p. 484; *Essai sur la structure des théories physiques,* Thèse, Paris, 1945.

A une proposition p nous ferons correspondre une proposition $\urcorner p$ telle que $\urcorner p$ est adéquate si p est inadéquate, de cette façon nous nous ramenons à l'étude des propositions adéquates comme au moyen de la négation on est ramené à l'étude des propositions vraies.

L'adéquation d'une proposition relativement à un champ expérimental C se transmet à certaines propositions obtenues en utilisant des opérations du calcul des propositions, comme la vérité se transmet à d'autres propositions par l'implication; de cette façon on peut introduire une relation binaire d'adéquation, désignée par $\rightarrow_a$, analogue à l'implication, mais elle doit obéir à des règles plus faibles que celles de l'implication du calcul des propositions classique, car peu nombreuses sont les propositions dons l'adéquation résulte automatiquement de propositions données. Ceci permet de définir comme calcul autonome un *calcul de l'adéquation des propositions*. Le principe du tiers exclu n'est pas valable dans ce calcul d'adéquation, car une proposition p peut n'être ni infirmée ni confirmée par les résultats expérimentaux du champ C (qui n'est constitué que par un ensemble fini de résultats). De même, le principe *ex falso sequitur quodlibet* n'est pas valable. Par contre, il paraît convenable de conserver les autres postulats du calcul classique des propositions. *On obtient alors ainsi un calcul isomorphe au calcul minimal de Johansson* (²). Ces considérations fournissent donc une interprétation intuitive et une utilisation de ce calcul toute différente de celle envisagée par cet auteur. Mais on est libre de considérer des calculs d'adéquation plus faibles.

2. Quand on considère une théorie physique, des règles de raisonnement sont fixées dans cette théorie, en particulier il y figure un calcul des propositions. Soient une théorie physique Th construite sur un calcul des propositions L, un champ expérimental C et un calcul d'adéquation A.

1° Si toute règle de A est une règle de L, alors toute transmission d'adéquation transmet aussi la vérité, soit

$$p \rightarrow_a q . \rightarrow . p \rightarrow q;$$

2° Si toute règle de L est une règle de A, toute implication transmet l'adéquation; on aura donc l'implication inverse de la précédente;

3° Si les règles de L sont identiques à celles de A, les signes $\rightarrow_a$ et $\rightarrow$ sont équivalents. Dans les cas 2° et 3° aucune inadéquation pour Th ne peut résulter du calcul L, d'où : *Si une théorie physique* Th *est construite sur un calcul des propositions* L *qui n'est pas plus fort que le calcul d'adéquation* A *accepté* (*à partir de considérations expérimentales indépendamment des théories*), *aucune inadéquation de* Th *ne peut résulter de* L, *donc ne peut être atténuée en modifiant* L.

3. Dans le cas 2° on peut renforcer les règles de L pour constituer un calcul L_A ayant mêmes règles que A sans qu'aucune inadéquation en résulte.

(²) *Compositio mathematica*, 4, 1936, p. 119.

Th devient alors une théorie Th_A dans laquelle les règles de déduction sont plus fortes; le domaine d'adéquation de Th_A contient celui de Th, donc Th_A est au moins aussi bonne que Th (les postulats de Th_A peuvent être plus faibles que ceux de Th pour rétablir l'indépendance): Th_A sera dite *la convertie de* Th *par* A. Ce résultat se généralise et l'on a : *un calcul d'adéquation* A *étant accepté, si une théorie physique est construite sur un calcul des propositions* L *ne contenant pas toutes les règles de* A, *on peut remplacer* Th *par une théorie* Th_A *au moins aussi adéquate que* Th *et construite sur un calcul des propositions plus fort que* L *dont les règles sont au moins celles de* A. Comme dans une théorie physique on recherche le maximum d'enchaînements adéquats, on devra donc effectuer par raison méthodologique la conversion de Th par A dans ce cas, puisque le théorème précédent garantit qu'on n'introduira pas ainsi d'inadéquation, donc *le calcul des propositions le plus faible qui doive être utilisé dans une théorie physique est un calcul* L_A *ayant mêmes règles que le calcul d'adéquation accepté.* Ceci fournit donc une limite à l'affaiblissement des calculs des propositions utilisés dans des théories physiques, ou plus généralement dans des théories à confronter avec des expériences : *tout calcul des propositions distinct de* L_A *utilisé dans une telle théorie sera plus fort que* L_A; *si* L *est distinct du calcul classique* L_0, *alors* L *est plus faible que* L_0. Donc tout calcul L adéquat est compris entre deux limites L_A et L_0.

4. D'après 1, le calcul A est en fait un calcul admettant les règles de Johansson, donc *le calcul des propositions* L_A *est en fait le calcul minimal de Johansson*; ceci justifie le nom donné à son calcul par cet auteur; *toute théorie sera construite en fait sur un calcul des propositions au moins aussi fort que le calcul minimal;* ceci fixe donc une limite de fait pour l'affaiblissement du calcul des propositions d'une théorie physique.

L'adéquation d'une proposition peut également être considérée comme une *modalité* **A** venant modifier les propositions, de même l'inadéquation $\urcorner$.

MÉTROLOGIE. — *Sur un système d'unités pratiques.*
Note (¹) de M. ANDRÉ MARTINOT-LAGARDE, présentée par M. Albert Pérard.

Si l'on cherche un système pratique d'unités applicable à la fois en mécanique et en électricité, une simplification notable à réaliser consisterait à se limiter à des rapports d'unités qui soient des puissances entières de 1000. A partir du système C. G. S., on est conduit alors à un système fondé sur le kilogramme-masse, le décamètre et la seconde.

Dans ce système, les unités de viscosité et de pression restent les unités C. G. S.; l'unité de puissance est l'hectowatt.

En électricité, la modification correspondante qui semble s'imposer est de

(¹) Séance du 17 février 1947.

prendre pour unité d'intensité l'unité électromagnétique C.G.S.; l'unité de potentiel est alors 10 volts $= 10^9$ E.M.C.G.S.; l'ohm, le farad et le henry sont conservés; les unités de quantité d'électricité et de force magnétomotrice sont les unités E.M.C.G.S. La perméabilité du vide devient 10^{-6} au lieu de 10^{-7} dans le système volt-ampère.

Des unités secondaires sont nécessaires pour la pression, la masse spécifique, et corrélativement pour le volume d'un débit et la viscosité cinématique. Ce seraient pour la pression et la masse spécifique le bar et le kg/dm³, unités 10^6 fois plus grandes; pour le volume d'un débit et la viscosité cinématique, ce seraient le dm³/sec et le stokes, unités 10^6 fois plus petites; on retrouve dans le kg/dm³ et le stokes des unités C. G. S.

Les chaleurs spécifiques ont un ordre de grandeur acceptable, sensiblement 10 pour l'air, à pression constante.

En ne conservant pour les longueurs que les unités de mille en mille, cela conduit les mécaniciens à ne plus prendre comme unité usuelle le millimètre, — unité qui ne s'impose pas puisque les Anglo-Américains emploient le pouce, — et à utiliser comme les physiciens le centimètre, et par suite avec lui le centième de millimètre.

Par comparaison avec le système M. K. S., fondé sur le kilogramme-masse et le mètre, le système ainsi décrit, et qu'on pourrait appeler système TRI C. G. S., présente, outre l'avantage général pris comme point de départ, l'avantage de donner à la pression atmosphérique une valeur égale à une puissance de 1000, de supprimer le facteur 1/10 des lois de l'électromagnétisme, et d'employer une unité de force très voisine du kilogramme-poids.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Cavités et guides d'onde associés à des accélérateurs de corpuscules chargés.* Note [1] de M. **Théo Kahan**.

Les équations générales d'une cavité de forme et de section (plan x, y) appropriées, conçue en vue de servir à l'accélération de particules chargées, donc ayant à satisfaire à certaines conditions d'excitation et de vitesse de propagation (sens $O + z$), ont pour expression dans le cas d'une onde TM (ou d'un paquet de telles ondes) :

$$(1)\qquad H_z = 0, \qquad H_x = \frac{\partial \Psi}{\partial y} F(z), \qquad H_y = -\frac{\partial \Psi}{\partial x} F(z),$$

$$(2)\qquad E_z = \frac{(\gamma^2 - k^2)}{j\omega\varepsilon} \Psi(x, y) F(z), \qquad E_x = \frac{1}{j\omega\varepsilon} \frac{\partial \Psi}{\partial x} \frac{dF}{dz}, \qquad E_y = \frac{1}{j\omega\varepsilon} \frac{\partial \Psi}{\partial y} \frac{dF}{dz},$$

où $\Psi(x, y)$ est solution de

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} = (k^2 - \gamma^2)\Psi \quad \text{et} \quad F(z) = q_1 \exp \gamma z + q_2 \exp(\gamma z), \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}, \quad \gamma = \frac{2\pi}{\Lambda},$$

[1] Séance du 17 février 1947.

λ étant la longueur d'onde dans l'espace libre, Λ celle dans la cavité de chaque onde composante. Il convient encore d'ajouter la condition aux limites : $\vec{E}$ perpendiculaire aux parois supposées parfaitement conductrices, ce qui définit, en désignant par $f_n(x, y, z) = 0$ les surfaces des parois :

$$E_x dx + E_y dy + E_z dz = 0$$

ou bien

$$\frac{E_x}{\frac{\partial f_n}{\partial x}} = \frac{E_y}{\frac{\partial f_n}{\partial y}} = \frac{E_z}{\frac{\partial f_n}{\partial z}}.$$

La forme de la cavité doit satisfaire à deux conditions : 1° vitesse de propagation de l'onde supérieure à celle des particules à accélérer; 2° assurer une certaine intensité d'excitation axiale. Si l'on met bout à bout un certain nombre de cavités couplées les unes aux autres à l'aide de fentes rayonnantes ou d'autres dispositifs, la forme des cavités successives sera fonction de la vitesse des corpuscules, ainsi que de l'amplitude de l'onde excitée à l'entrée de chaque cavité. La première équation de (2) montre que si $\gamma = k$ (dimensions transversales infinies), c'est-à-dire vitesse de groupe égale à la vitesse dans l'espace libre, il faut réaliser $\psi \rightarrow \infty$ pour avoir $E_z \neq 0$. On ne peut donc jamais atteindre dans une cavité la vitesse de la lumière.

Dans cet ordre d'idées, on peut concevoir une cavité ou guide à ondes progressives bouclées sur son impédance caractéristique. Il se produira alors un accrochage entre le flux de corpuscules et l'onde progressive par un effet d'inversion de ce qui se passe dans le magnétron à cavités résonnantes ou dans le tube amplificateur à ondes progressives. Il est alors tout indiqué de faire appel à un champ magnétique pour faire décrire une trajectoire de courbe au faisceau de corpuscules, et de coupler celui-ci à la cavité au moyen de fentes excitatrices pratiquées dans les parois du guide de forme convenablement incurvée. Le champ électrique de fuite établi entre les lèvres des fentes suffit dès lors à produire un transfert d'énergie de l'onde progressive au flux corpusculaire. Les conditions de résonance se présentent alors tout autrement que dans les accélérateurs tels que le cyclotron par exemple.

ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES. — *Sur la propagation dans les guides courbés à section circulaire*. Note de M. MARC JOUGUET.

Nous nous proposons, dans la présente Note, de compléter et de préciser les résultats que nous avons indiqués antérieurement sur la propagation des ondes, plus particulièrement des ondes (H_0) et (E_1), dans un guide à section circulaire, dont l'axe a un rayon de courbure R et dont la paroi peut avoir une résistivité ρ.

Rappelons d'abord qu'une onde quelconque (E_m) ou (H_m) ne se trouve

jamais à l'état pur. Elle est toujours accompagnée de perturbations de types différents, (E_{m-1}), (H_{m-1}), (E_{m+1}), (H_{m+1}). Si, comme c'est généralement le cas, l'amplitude de ces perturbations est infiniment petite avec la courbure, nous dirons, pour simplifier, que l'onde considérée est du type (E_m) ou (H_m). Le guide étant rectiligne et $m \neq 0$, soit Q l'un des plans méridiens où les composantes E_z, E_r et H_φ sont nulles. Le champ électrique est, en tout point de Q, perpendiculaire à Q. Nous dirons que ce plan est le plan de polarisation de l'onde. Soit, d'autre part, P un plan méridien particulier, lié au guide. Une onde (E_m), par exemple, peut être décomposée en deux, l'une (E'_m), pour laquelle le plan de polarisation est perpendiculaire à P, l'autre (E''_m), pour laquelle il se confond avec P. Ces deux ondes, ainsi que l'onde résultante, ont exactement la même structure.

Supposons maintenant l'axe du guide courbé dans le plan P. Les deux ondes (E'_m) et (E''_m) vont se comporter différemment. En particulier, elles auront des vitesses de phases différentes. Si donc le plan Q de l'onde (E_m) considérée a une orientation quelconque, les deux composantes (E'_m) et (E''_m) se déphaseront au cours de la propagation. Le champ, en chaque point du guide, prendra une polarisation elliptique et la configuration des lignes de forces variera le long du guide et au cours d'une période. Il en résulte que *toutes les ondes d'ordre m non nul sont instables*. Mais cet effet est peu important, car la vitesse de phase ne dépend de la courbure que par un terme du second ordre.

Ondes (H_0) et (E_1). — La résistivité de la paroi pouvant avoir une valeur ρ quelconque, on établit les résultats suivants :

1° *L'onde* (E'_1) *existe toujours ;*

2° *Les ondes* (H_0) *et* (E''_1) *ne peuvent exister seules que si* $\rho \neq 0$ *et si la courbure* $\Gamma = 1/R$ *est inférieure à une certaine valeur* Γ_0 *d'autant plus faible que* ρ *est plus petit ;*

3° *Dans le cas général, il existe deux autres ondes susceptibles de se propager dans le guide et se réduisant respectivement (et approximativement) à une onde* (H_0) *et à une onde* (E''_1) *quand* $\Gamma < \Gamma_0$. On les obtient de la façon suivante.

Superposons deux solutions des équations de Maxwell, une du type (H_0), l'autre du type (E''_1), et soit K le rapport des amplitudes de ces deux composantes. On a une solution que nous représenterons par la notation $(H_0 + KE''_1)$. Si l'on cherche à déterminer K de façon à satisfaire aux conditions aux limites, on obtient une équation du second degré ayant deux racines K_1 et K_2 qui dépendent de Γ et de ρ. On a ainsi deux ondes possibles $(H_0 + K_1 E''_1)$ et $(H_0 + K_2 E''_2)$.

a. Si le guide est parfaitement conducteur, on trouve, quel que soit Γ, $K_1 = \sqrt{2}$ et $K_2 = -\sqrt{2}$, ce qui correspond, dans les deux cas, à l'équipartition de l'énergie entre les deux composantes. Contrairement à ce qui a lieu pour toutes les autres ondes, la variation δk_z de la constante de propagation k_z,

quand on passe du guide rectiligne au guide courbé, est du premier ordre

$$\delta k_z = \pm \frac{k}{\alpha R \sqrt{2}} \cdot \quad \left(\alpha^2 = k^2 - k_z^2,\ k = \frac{\omega}{c}\right).$$

Nous avons d'ailleurs indiqué, dans une précédente Note (¹), l'existence de l'une de ces deux ondes

b. Le guide étant imparfaitement conducteur, si l'on se donne ρ et si l'on fait décroître R jusqu'à o, K_1 décroît et finit par devenir très petit, tandis que K_2 croît et finit par être très grand, cela d'ailleurs d'autant plus rapidement que ρ est plus grand. Pour l'une des ondes mixtes, la composante (H_0) est prépondérante; pour l'autre, c'est l'inverse. Pour des courbures suffisamment faibles, d'autant plus faibles que ρ est plus petit, on a sensiblement une onde (H_0) et une onde (E''_1), comme on l'a indiqué plus haut. Ainsi, pour résumer, il y a, dans le guide courbé, trois ondes possibles $(H_0 + K_1 E''_1)$, (E'_1) et $(H_0 + K_2 E''_2)$ qui se réduisent sensiblement, pour les très faibles courbures, aux ondes (H_0), (E'_1) et (E''_1) du guide cylindrique. Nous avions d'ailleurs déjà démontré la possibilité de propagation d'une onde (H_0), pour $\rho \neq 0$ et pour une courbure très faible (²).

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur les émissions radioélectriques du Soleil.* Note (¹) de **Jan V. Garwick**, présentée par M. Charles Maurain.

1. Dans une Note précédente (²) j'ai étudié quelques conséquences de la théorie gyromagnétique des émissions radioélectriques du Soleil. La Note actuelle expose certains développements de cette théorie.

2. Examinons une couche à une profondeur x dans une tache solaire où règne un champ magnétique tel que la fréquence gyromagnétique soit $\nu = eH/me$, et désignons par V la composante de la vitesse de l'électron émetteur dans la direction du champ magnétique. Par suite de l'effet Döppler, la fréquence prend une valeur ν_0 telle que $(\nu_0 - \nu)/\nu = (V/c)$. Supposons que les vitesses V pour les différents électrons sont distribuées suivant la loi de Maxwell pour une certaine température T. Dans la bande de fréquences comprise entre $\nu_0 = \nu + (V/c)\nu$ et $\nu_0 + d\nu_0 = \nu + (V + dV)(\nu/c)$, où nous supposons ν_0 et $d\nu_0$ constantes, l'intensité rayonnée par un électron est proportionnelle à

$$e^{-\beta V^2} dV\, \nu^2\, dx = e^{-\alpha w^2} \nu\, dx\, d\nu_0,$$

(¹) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 107. Rappelons que c'est à M. Nicolas Cabrera qu'est due l'idée que des ondes mixtes $(H_0 E_1)$ doivent pouvoir se propager dans le guide courbé.

(²) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 537-538.

(¹) Séance du 6 janvier 1947.

(²) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 377. Dans ce qui suit, nous l'appellerons (I).

où

$$\beta = \frac{m}{2hT}, \qquad \alpha = \beta c^2, \qquad \lambda\nu_0 = \frac{dV}{c}\nu \qquad \text{et} \qquad w = \frac{V}{c}.$$

Si nous posons $\nu\,dx = F(\nu)\,d\nu$, l'intensité totale dy dans la bande des fréquences considérée est proportionnelle à

$$d\nu_0 \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\alpha w^2} nq\,F(\nu)\,d\nu,$$

où n est le nombre d'électrons par centimètre cube et q la section de la tache à l'endroit examiné. Supposons que T, c'est-à-dire α, soit constante. On peut écrire

$$dI \propto \nu_0\,d\nu_0 \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\alpha w^2} n\left(\frac{\nu_0}{1-w}\right) q\left(\frac{\nu_0}{1-w}\right) F\left(\frac{\nu_0}{1-w}\right) \frac{dw}{(1-w)^2}.$$

Il faut remarquer que cette dernière intégrale n'est pas exacte, parce que si $|w| > 1$, on a des vitesses plus grandes que celle de la lumière; mais comme α est très grand, il en résulte que $e^{-\alpha w^2}$ est très petit lorsque $|w| > 1$: l'erreur commise est donc négligeable.

Étudions une intégrale de la forme $\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\alpha w^2} G(w)\,dw$. Au voisinage de $w = 0$ on peut écrire $G(w) = G(0) + wG'(0) + (w^2/2)G''(0)$ et introduire ce développement sous le signe intégrale. Loin de $w = 0$, il est généralement très inexact, mais en raison de la petitesse de $e^{-\alpha w^2}$, l'erreur commise est toujours petite. Le résultat de l'intégration est donc $\sqrt{\pi/\alpha}[G(0) + G''(0)/y\alpha]$. Comme α est très grand ($> 10^3$), on peut toujours négliger le second terme, sauf si $G''(0)$ est extrêmement grand. Utilisant ce résultat, on trouve que

$$dy \propto \nu_0\,d\nu_0\,nq\,F(\nu_0) = nq\nu_0^2 \left(\frac{dy}{d\nu}\right)_0 d\nu_0,$$

c'est-à-dire le résultat même que nous avons obtenu dans (I), sans tenir compte de l'effet Döppler.

Si ν (c'est-à-dire H) reste constant, on ne peut pas écrire $\nu\,dx = F(\nu)\,d\nu$. Dans ce cas $dy \propto e^{-\alpha(\Delta\nu/\nu)^2}\nu_0 N\,d\nu_0$, où N est le nombre total des électrons émetteurs. Nous aurons la valeur la plus petite pour α en prenant $T = 2.10^6$ degrés (température de la couronne intérieure), ce qui donne $\alpha = 1470$. La variation relative de l'intensité est égale à $1/e$ quand $\Delta\nu/\nu = \alpha^{-1/2} = 1/38 \approx 1/40$. La largeur totale de la bande, $2\Delta\nu$, est alors égale à $\nu/20$. Pour $\nu = 40$ MHz, on a une bande de 3 MHz de large, valeur beaucoup plus petite que la grande bande qui est observée. On peut donc conclure que l'effet Döppler n'a aucune importance pour le rayonnement observé.

3. La formule donnant l'intensité du rayonnement peut s'écrire

$$AN(r)\,q(r)\,\nu^2\,dr = f(\nu)\,d\nu = dy,$$

où r est la distance du centre du Soleil, $N(r)$ est le nombre des électrons par centimètre cube, q la section de la tache émettrice, A une constante et $f(\nu)$ une fonction qu'on peut déterminer par des observations. De cette formule, on peut tirer

$$A\int_{r_0}^{r} N(r)q(r)\,dr = \int_{\nu_0}^{\nu} \frac{f(\nu)}{\nu^2}\,d\nu.$$

L'intégrale du premier membre représente le nombre total d'électrons émetteurs entre les couches déterminées par r_0 et r. Lorsque r tend vers l'infini, elle est convergente puisqu'elle représente le nombre total des électrons émetteurs qui est nécessairement fini. Examinons maintenant l'intégrale du second membre : quand r tend vers l'infini, ν tend vers zéro parce que H tend vers zéro. On peut donc conclure à l'existence de

$$\lim_{\nu=0} \int_{\nu_0}^{\nu} \frac{f(\nu)}{\nu^2}\,d\nu.$$

Ceci exige que $f(\nu)$ tende vers zéro plus vite que ν (condition nécessaire mais non suffisante). Si l'on peut représenter approximativement $f(\nu)$ par une formule telle que $f(\nu) = q\nu^n$, il faut donc que $n > 1$.

Dans (I) j'ai indiqué que les observations sont représentées assez bien avec $n = 2/3$. La meilleure courbe de cette espèce passant par les trois points observés donne $n = 0,9$. Il y a donc ici un désaccord entre les observations et la théorie, désaccord qui, d'ailleurs, n'est pas très grave, étant donné que l'on ne connaît pas la forme de la fonction $f(\nu)$ pour les petites valeurs de ν.

SPECTROSCOPIE. — *Étude spectrographique dans l'infrarouge d'associations moléculaires.* Note de MM. **Jean Lecomte**, **Georges Champetier** et **Pierre Clément**, présentée par M. Jean Cabannes.

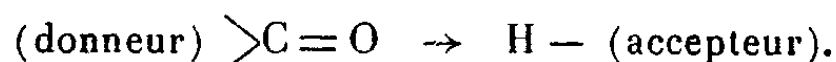
Les fréquences de vibration de groupes polaires, capables d'interférer dans une réaction d'addition intermoléculaire, peuvent subir une altération dont l'importance dépend de l'intensité des énergies de liaison qui assurent la stabilité du complexe en dépit de l'agitation thermique.

La spectrographie dans l'infrarouge a permis à de nombreux auteurs de déceler des associations intermoléculaires par liaison hydrogène mises en évidence par une diminution de fréquence de vibration des groupes *accepteurs* (CH, NH, OH, OD etc.). Les variations de fréquence des groupes *donneurs* n'ont suscité par contre que de rares travaux (Gordy) [1]. Nous avons abordé ce dernier problème en cherchant à mesurer le déplacement de la bande d'absorption du groupe *donneur* carbonyle $>C=O$ de différents composés (cétones, esters), mélangés à des coupleurs (alcools, hydrocarbures chlorés)

---

[1] *J. amer. chem. Soc.*, **60**, 1938, p. 605.

susceptibles de donner lieu à une association intermoléculaire du type



$$\text{(donneur)} \; \rangle C = O \;\rightarrow\; H - \text{(accepteur)}.$$

De tels mélanges, de concentrations variables, sont spectrographiés, à la température ordinaire, à l'aide d'un appareil suffisamment dispersif dans la région de 5 à 8^{μ} pour apprécier, à $0^{\mu},005$ près, les variations éventuelles de position relative de la bande très marquée du carbonyle vers $5^{\mu},80$. Les spectres sont enregistrés sur un même papier photographique afin d'éviter des erreurs d'étalonnage.

1° Aucun changement de fréquence n'est observé en choisissant comme agent de dilution du *donneur* des composés inactifs tels que l'hexane ou le tétrachlorure de carbone.

2° En présence de solvants porteurs d'un hydrogène réactif, la bande d'absorption du carbonyle montre un changement de fréquence qui, suivant les cas, atteint 10 à 20 cm^{-1} [ce qui est conforme aux observations de Gordy (loc. cit.)] (*fig.* 1). La chélation intermoléculaire fait donc apparaître une

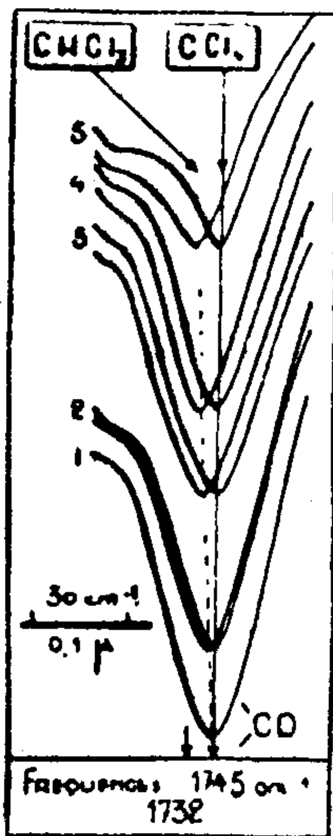


Fig. 1.

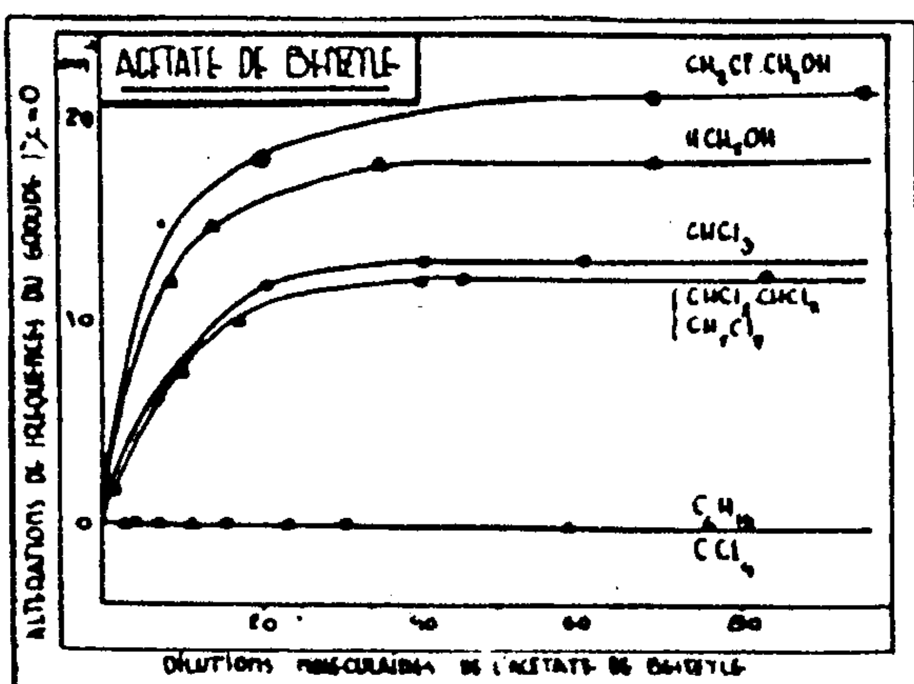


Fig. 2.

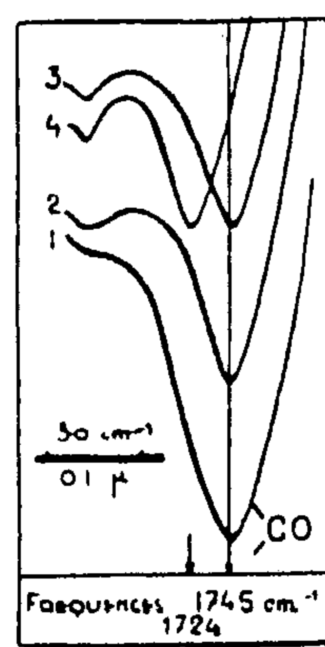


Fig. 3.

Fig. 1. — Acétate de benzyle dans $CHCl_3$ et CCl_4.
1, acétate pur; 2, 50 % en volume; 3, 25 % en volume; 4, 10 % en volume; 5, 5 % en volume.

Fig. 3. — Acétate de benzyle dans monochlorhydrine du glycol.
1, acétate pur; 2, superposition monochl. et acétate à 15 % dans hexane;
3, superposition monochl. et acétate à 10 % dans CCl_4; 4, mélange monochl. et 7 % acétate de benzyle.

bande de liaison, située vers les longueurs d'onde plus élevées; mais, en fait, le phénomène se traduit par un simple déplacement d'une bande unique en raison de la proximité de la bande d'absorption du carbonyle des molécules non couplées. Le déplacement de cette bande croît avec la dilution du donneur et semble se stabiliser pour des dilutions moléculaires élevées ($1/20^{mol}$), qui dépassent de beaucoup une proportion équimoléculaire des deux composés. L'association intermoléculaire semble donc correspondre à un phénomène

d'ordre statistique d'empêchement de vibration du groupe donneur, lorsqu'il est mis en présence d'un excès de molécules qui portent des hydrogènes susceptibles de se lier (*fig.* 1 et 2).

3° D'après l'importance et la rapidité du changement de fréquence du vibrateur $>C=O$, les dipôles OH^- se classent parmi les accepteurs les plus réactifs. La présence d'atomes de chlore communique également à l'un des hydrogènes des carbures paraffiniques une électropositivité, qui favorise une liaison électronique intense (*fig.* 2).

4° L'intervention d'une association moléculaire dans de tels mélanges liquides est confirmée par le fait que le phénomène de déplacement de bande est totalement supprimé en examinant, au lieu du mélange, une superposition de deux cuves contenant les deux réactifs respectifs non mélangés (*fig.* 3).

Donneur $>C=O$.	Accepteur H⁻.	Fréquences $>C=O$ (cm^{-1}).	Diminution de fréquence (cm^{-1}).
Acétate de benzyle.	Tétrachlorure de C	1745	0
	Hexane	1745	0
	Chlorure de méthylène	1745	12
	Tétrachloréthane	1745	12
	Chloroforme	1745	13
	Méthanol	1745	18
	Monochlorhydrine du glycol	1745	21
Acétone	Tétrachlorure de C	1730	0
	Trichloréthylène	1730	12
	Chlorure de méthylène	1730	15
Cyclohexanone.	Méthanol	1718	21

SPECTROSCOPIE. — *Dispersion de quelques verres d'optique dans le proche infrarouge.* Note de M^me **Jacqueline Ramadier**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons mesuré, depuis le spectre visible jusqu'à $2^{\mu},4$ environ, la dispersion de quelques prismes de verre, possédant des indices de réfraction et des courbes de dispersion assez différents dans le spectre visible. Dans cette région, nous nous sommes servi d'un goniomètre de précision et, dans l'infrarouge, d'un spectrographe à miroirs, du type de Wadsworth à déviation constante, avec, comme récepteur, une pile thermoélectrique reliée à un galvanomètre Zernicke (type Z_c).

Pour interpréter nos résultats, nous avons recherché quel type de formule de dispersion donnait la meilleure concordance avec l'expérience. La formule de Cauchy, avec trois constantes a, b, c, dans laquelle $l^2=\lambda^2/n^2$ (λ longueur d'onde, n indice de réfraction) :

$$\frac{1}{n^2}=a-bl^{-2}-cl^2, \qquad (1)$$

pas plus que le cas particulier de la formule de Hartmann avec $\alpha=1$,

où n_0, A et λ_0 représentent des constantes,

(2) $$n = n_0 + \frac{A}{(\lambda - \lambda_0)^2},$$

ne sont applicables au delà de $0^{\mu},9$. Par contre, des résultats intéressants ont été obtenus en utilisant la formule de Ketteler-Helmholtz sous la forme

(3) $$n^2 = n_0^2 + \frac{A}{(\lambda^2 - \lambda_0^2)} - k\lambda^2$$

(n_0, A, k constantes, λ_0 longueur d'onde propre à la substance située dans l'ultraviolet).

La relation (3) se déduit de la suivante (4), en se limitant au premier terme du développement en série

(4) $$n^2 = \nu_\infty^2 + \sum \frac{A}{(\lambda^2 - \lambda_0^2)} - \sum \frac{A'}{(\lambda_r^2 - \lambda^2)}.$$

Il s'agissait de savoir s'il était possible d'utiliser, dans le domaine infrarouge, les formules de dispersion, calculées à partir de données dans le spectre visible, obtenues avec le maximum d'exactitude. Les résultats expérimentaux montrent que *la connaissance de la dispersion dans le visible ne permet pas de prévoir l'allure de la dispersion dans l'infrarouge*, car la courbe mesurée présente, entre 0,9 et $1^{\mu},1$, un brusque changement de courbure. Par contre, *il est possible de calculer les constantes des formules* (3) *et* (4) *de manière à représenter correctement les indices que fournit l'expérience, dans tout l'intervalle étudié de* 0,6 *à* $2^{\mu},4$, *à condition de choisir pour cette détermination des indices de réfraction correspondant à des longueurs d'onde assez différentes et réparties dans tout notre domaine d'étude.*

Voici quelques applications avec un verre d'indice 1,68576 pour la raie du sodium. Tout d'abord, nous aboutissons à prendre pour λ_0 une valeur voisine de $0^{\mu},2$, c'est-à-dire à prévoir une bande d'absorption dans l'ultraviolet extrême (résultat déjà indiqué par Rubens) qui s'applique aussi à d'autres verres. Pour le calcul des constantes de la formule (3), nous avons pris les résultats numériques suivants :

$$n_1 = 1,6793 \quad n_2 = 1,6642 \quad n_3 = 1,6568$$
$$\lambda_1 = 0^{\mu},6563 \quad \lambda_2 = 1^{\mu} \quad \lambda_3 = 1^{\mu},4$$

ce qui donne l'expression

(5) $$n^2 = 2,74812 + 0,029696/(\lambda^2 - 0,0400) - 0,00948\,\lambda^2$$

λ en μ.	n^2 calculé.	n^2 observé.	$\Delta n.10^4$.
0,5871	2,8423	2,8417	+3
0,6563	2,8200	2,8200	0
0,8	2,7915	2,7915	0
1	2,7658	2,7659	+0,3
1,2	2,7556	2,7562	−0,7
1,4	2,7450	2,7449	+0,3
1,6	2,7354	2,7353	+0,3
1,8	2,7266	2,7264	+0,7
2	2,7177	2,7178	−0,3
2,2	2,7084	2,7093	−3
2,4	2,6987	2,7010	−7

La relation (5) permet donc de calculer, dans tout le domaine de $0^{\mu},5781$ à $2^{\mu},2$, les indices de réfraction avec une précision supérieure à celle de l'expérience.

Nous avons essayé aussi une formule du type (4), avec un seul terme dans chaque sommation, qui présente l'intérêt de donner la valeur λ_r de la longueur d'onde propre dans l'infrarouge du verre considéré. On ne peut pas calculer λ_r en prenant les indices de réfraction pour trois longueurs d'onde λ_1, λ_2, λ_3 du visble. D'autre part, lorsque l'on fait croître λ_1, λ_2, λ_3, pris alors dans l'infrarouge, λ_r augmente rapidement. D'une manière générale, λ_r ne se laisse pas déterminer avec une grande précision, si l'on ne connaît les indices que jusqu'à $2^{\mu},2$. Nous pouvons chercher λ_r dans le voisinage de $8^{\mu},5$ où se trouve une bande de réflexion sélective du groupement SiO_4, probablement présent dans les verres. On aboutit à plusieurs systèmes de valeurs des constantes : ils conduisent à une formule qui représente la dispersion du visible à 2^{μ}, à quelques unités près de la quatrième décimale,

$$\nu_{\infty}^2 = 3,2386 \quad \text{ou} \quad \nu_{\infty}^2 = 3,43318,$$
$$A' = 25,359 \quad » \quad A' = 49,48,$$
$$\lambda_2^2 = 51,72 \quad » \quad \lambda_2^2 = 72,25.$$

Pour calculer les indices de réfraction des verres au delà de 2^{μ} avec la relation (4), il faut prendre un *terme ultraviolet* et deux *termes infrarouges*, conduisant respectivement aux longueurs d'onde propres λ_0, d'une part, λ_r et λ'_r d'autre part.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Vérification des variations thermiques de la biréfringence magnétique de quelques liquides organiques*. Note de MM. **Jacques Rabinovitch** et **Vil Kunzl**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les données sur la biréfringence magnétique des liquides ont permis une bonne vérification des formules de dispersion proposées par Servant [1], mais elles n'ont pu, dans la plupart des cas, satisfaire les formules théoriques proposées jusqu'à présent pour représenter la variation thermique du phénomène. La difficulté tient sans doute à ce que dans l'état condensé, bon nombre de molécules sont associées et, d'autre part, à ce que les formules théoriques utilisées ne tiennent pas compte du champ moléculaire. Toujours est-il qu'il est nécessaire d'être en possession de données numériques aussi précises que possible. Les travaux récents les plus importants sur la variation thermique de la biréfringence magnétique des liquides organiques sont ceux de Goldet [2] et de Grodde [3].

---

(1) *Journal de Physique*, **4**, 1943, p. 105.
(2) *Annales de Physique*, **10**, 1938, p. 103.
(3) *Physikalische Zeitschr.*, **39**, 1938, p. 772.

Certains produits ont été étudiés simultanément par ces deux auteurs et la comparaison de leurs résultats révèle des différences qu'il a paru utile d'élucider. Nous avons repris à cet effet les mesures sur le nitrobenzène, le chlorobenzène, l'ortho-dichlorobenzène et le mésitylène.

Dans l'ensemble nous avons trouvé des variations thermiques en accord, à 1 ou 2 % près, avec les résultats de Goldet, tandis que les données de Grodde indiquent des variations thermiques soit trop faibles (nitrobenzène), soit trop fortes (chlorobenzène, ortho-dichlorobenzène et mésitylène).

Pour le mésitylène, nous avons opéré sur deux échantillons qui ont donné des résultats nettement différents : d'une part l'échantillon même dont s'était servi Goldet et pour lequel nous avons retrouvé les valeurs de Goldet, et d'autre part un échantillon provenant de Kahlbaum, lequel nous a donné des biréfringences magnétiques plus fortes. Le mésitylène dont s'étaient servis autrefois Cotton et Mouton ([4]) et qui provenait également de Kahlbaum, avait donné une biréfringence magnétique intermédiaire entre les deux échantillons dont nous nous sommes servis. Cette discordance des résultats, due aux provenances diverses des échantillons, pourrait s'expliquer par la présence de l'isomère moins symétrique : le pseudocumène, dont la biréfringence magnétique est supérieure à celle du mésitylène; le produit le plus pur (sans doute l'échantillon utilisé par Goldet) a la biréfringence magnétique la plus faible.

ÉLECTRONIQUE. — *Étude des diverses ondes progressives guidées susceptibles de se propager en interaction avec un faisceau électronique.* Note ([1]) de M. **Pierre Lapostolle**.

Dans une Note antérieure ([2]) j'ai étudié l'interaction entre une onde progressive et un faisceau électronique; l'onde guidée est ralentie par un diélectrique à pouvoir inducteur spécifique élevé, et cette étude est faite dans le cas où le faisceau électronique a une vitesse v_0 très voisine de la vitesse de propagation u_{01} des ondes E_{01} dans le guide.

Je me propose maintenant de rechercher dans le cas général les diverses sortes d'ondes susceptibles de se propager dans le système déjà envisagé, pour une vitesse électronique quelconque. Pour fixer les idées, je considérerai toujours des ondes E à symétrie de révolution d'ordre O.

I. *Méthode de calcul.* — L'étude de la propagation d'ondes dans le diélectrique et dans le faisceau est développée dans la Note précitée ([2]); je conserverai les notations déjà employées et les numéros des formules. Les

---

([4]) *Ann. de Chim. et de Phys.*, **28**, 1913, p. 209.

([1]) Séance du 17 février 1947.

([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 268.

conditions aux limites s'écrivent, compte tenu des relations (1) et (2),

$$J_0(h_1 R_0) + \lambda N_0(h_1 R_0) = 0 \tag{7}$$

(champ électrique tangentiel nul sur la paroi métallique extérieure),

$$\frac{2K}{h_1 r_0} \frac{J_1(h_1 r_0) + \lambda N_1(h_1 r_0)}{J_0(h_1 r_0) + \lambda N_0(h_1 r_0)} = 2 \frac{1+s}{h_2 r_0} \frac{I_1(h_2 r_0)}{I_0(h_2 r_0)} = \frac{2}{j\varepsilon\omega r_0} \frac{H_0}{E_z} \tag{8}$$

(raccord des composantes tangentielles des champs).

J'appellerai y_1 le premier membre de (8) et y_2 son second membre. λ étant défini par (7); (8) apparaît comme une équation en k, donnant la vitesse et l'affaiblissement ou le gain des diverses ondes possibles. k étant connu, les relations (1) et (2) permettent alors d'étudier la répartition des champs dans le diélectrique et dans le faisceau.

II. *Ondes se propageant sans atténuation ni gain. Ondes* O_1. — Cherchons les ondes pour lesquelles k est purement imaginaire; y_1 et y_2 sont alors réels.

On peut tracer deux courbes représentant les variations de y_1 et y_2 en fonction de la vitesse des ondes. Les points d'intersection de ces deux courbes donnent les vitesses d'ondes possibles.

III. *Ondes se propageant avec atténuation ou gain. Ondes* O_2. — Cherchons maintenant à déterminer les racines k complexes de (8), auxquelles correspondront des ondes se propageant avec atténuation ou gain.

Dès que γ est grand, l'influence du faisceau devient négligeable sur la propagation des ondes ($s \to 0$), pour des densités électroniques ρ_0 physiquement acceptables. Si l'on ne tient pas compte des pertes propres du système, on ne devra donc chercher d'ondes du type O_2 que pour des valeurs de γ petites, telles que $|\gamma| \ll |k|$.

Si $|y_1| \lesssim 1$, on se trouve dans le cas déjà étudié ([3]). Si $|y_1| \gg 1$, y_1 sera presque purement réel; il en sera de même de y_2 si γ est purement imaginaire. Égalant les parties principales de y_1 et y_2 on obtiendra des valeurs de k et de γ, c'est-à-dire la vitesse de propagation et l'affaiblissement ou le gain des ondes O_2.

IV. *Résultats.* — Soient u_1 la vitesse des *ondes libres* dans le diélectrique ($u_1 = c/\sqrt{K}$), u_{01}, u_{02}, ... les vitesses de propagation des *ondes guidées* E_{01}, E_{02}, ... dans le système sans faisceau ($\rho_0 = 0$), et u'_1, u'_2, ... les zéros successifs du dénominateur de $y_1(u)$; u_1, u'_1, u'_2, ... forment avec u_{01}, u_{02}, ... deux suites imbriquées.

1° Si $v_0 < u_1$, il existe deux ondes de vitesse voisine de $\pm u_{01}$, deux de vitesse voisine de $\pm u_{02}$, ... et une infinité d'ondes de vitesse voisine de v_0. Elles sont toutes du type O_1. Ce sont des ondes de ce type qui ont été mises en évidence par Hahn ([4]).

([3]) *General Electric Review*, **42**, 1939, p. 258.

([4]) Un autre modèle donne des ondes de ce dernier type [J. Voge, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1117 (voir erratum, *Comptes rendus*, **224**, 1946, p. 507)].

2° Si $u_1 < v_0 < u_{01}$, il existe toujours des ondes de vitesse voisine de $\pm u_{01}$, $\pm u_{02}$, ... et une infinité d'ondes de vitesse voisine de v_0. Toutes sont du type O_1, sauf deux ondes de vitesse légèrement inférieure à v_0 qui sont du type O_2 [5].

3° Si $v_0 \simeq u_{01}$, on est dans le cas déjà étudié [3], Les deux ondes du type O_2 et l'onde O_1 de vitesse voisine de u_{01} constituent alors, selon les valeurs de r_0 et ρ_0, les trois déterminations de la racine cubique (4) ou (5) ou les trois solutions (6). Ce sont ces ondes qui ont le gain maximum.

4° Si $u_{01} < v_0 < u'_1$, on retrouve une distribution semblable au 1° et ainsi de suite.

Remarque. — La méthode de calcul employée est générale et peut s'appliquer à toute ligne à retard. Le gain des ondes du type 3° peut être calculé simplement en fonction de la pente $P = -dy_1/du$.

a. Pour $\omega r_0 \ll v_0$, $\rho_0 \ll \rho_{01}$, on a

$$\gamma^3 = -j\frac{4}{v_0 P}\frac{\omega^3}{v_0^3}\left(\frac{c}{\omega r}\right)^2 \rho_0 \frac{e}{m}\mu \quad (^6), \qquad \rho_{01} = \frac{m}{e\mu}\left(\frac{v_0}{\omega r_0}\right)^2 \frac{1}{c^2 P^2}. \tag{4'}$$

b. Pour $\omega r_0 \gg v_0$, $\rho_0 \ll \rho_{02}$, on a

$$\gamma^3 = -j\frac{4}{v_0 P}\frac{\omega^3}{v_0^3}\frac{v_0 c^2}{(\omega r)^3}\rho_0 \frac{e}{m}\mu, \qquad \rho_{02} = \frac{m}{e\mu}\frac{1}{c^2 P^2}. \tag{5'}$$

c. Enfin, pour $\omega r_0 \ll v_0$, $\rho_0 \gg \rho_{01}$ ou $\omega r_0 \gg v_0$, $\rho_0 \gg \rho_{02}$, les deux ondes du type O_2 ont un gain donné par les deux racines à partie imaginaire négative de

$$\gamma^2 = \frac{4}{v_0 P}\frac{\omega^2}{v_0^2}\frac{v_0 c}{(\omega r)^2}\sqrt{-\rho_0 \frac{e}{m}\mu}. \tag{6'}$$

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur le potentiel perturbateur créé par une ovalisation des lentilles électrostatiques.* Note [1] de M. **François Bertein**, présentée par M. Camille Gutton.

Nous allons montrer comment peut s'effectuer le calcul du potentiel correctif φ relatif au défaut d'*ellipticité* des systèmes centrés [2]. Ce potentiel correspond aux termes en $\cos 2\theta$ et $\sin 2\theta$ du développement de δ. Le traitement serait analogue pour chacun de ces deux termes; aussi ne considérons-nous que le premier.

L'écart

$$\delta(z\theta) = \delta_2(z)\cos 2\theta$$

---

(6) Cette expression pourrait être employée pour retrouver les résultats signalés dans des études un peu différentes : A. Blanc-Lapierre et P. Lapostolle, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 104; R. Wallauschek, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 191.

(1) Séance du 10 févirer 1947.

(2) F. Bertein, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 106.

crée

$$\varphi(rz\theta) = \varphi_2(rz)\cos 2\theta,$$

et l'on a

(1) $$\varphi_2 = \mathrm{E}\delta_2 \quad \text{le long de } S_0.$$

Prenons comme exemple le cas d'une lentille électrostatique *indépendante* du type étudié par Bruck ([3]); nous supposerons que la pièce centrale présente une ellipticité symétrique par rapport au plan $\theta = 0$, de sorte que seul existe le terme en $\cos 2\theta$. On peut construire φ *à l'aide de fonctions potentiel simples de même symétrie et s'annulant à l'infini.*

Envisageons à cet effet la distribution de potentiel v, créée par un cercle C d'axe Oz et de rayon a, porteur d'une densité électrique linéaire égale à $(\cos 2\theta/a)$: si C est centré en O,

$$v(rz\theta) = v_2(rz)\cos 2\theta,$$

$$v_2(rz) = \int_0^{2\pi} \frac{\cos 2\gamma \, d\gamma}{\sqrt{z^2 + a^2 - 2ar\cos\gamma + r^2}}.$$

Les fonctions v et leurs dérivées partielles en a et z : $\partial v/\partial a$, $\partial v/\partial z$, ... constituent un ensemble de fonctions du type exigé. Elles deviennent toutes infinies sur le cercle C, leur seule singularité, et décroissent rapidement lorsqu'on s'en éloigne. Disposons le cercle à l'intérieur du métal de l'électrode mais au voisinage de la surface S_0; chaque potentiel associé peut aussi bien être considéré comme étant créé par un défaut elliptique et sa valeur le long de S_0 décroît à mesure qu'on s'éloigne de C. En vertu de (1), le défaut correspondant présente cette même propriété : son étendue est limitée au voisinage de C. On conçoit ainsi que l'on puisse représenter le potentiel créé par un défaut de profil donné $\delta_2(z\theta)$ à l'aide d'une *combinaison linéaire de fonctions* v, $\partial v/\partial a$, ... associées à un ou plusieurs cercles bien choisis. Cette détermination sera facilitée par l'examen des expressions asymptotiques au voisinage de C et à l'infini. Dans notre cas particulier, imaginons un seul cercle disposé dans le même plan $z = 0$ et de rayon a un peu supérieur au rayon R du cercle de gorge de l'électrode; on vérifie que l'on peut écrire

$$\varphi = \mathrm{K}\left(2v - a\frac{\partial v}{\partial a}\right).$$

Considérons une lentille du type VIII de la référence ([2]) (R = $2x$ épaisseur de l'électrode); on peut prendre $0,8a = \mathrm{R}$ et si $\delta_{\max}$ désigne la valeur maximum de l'écart géométrique, on obtient au voisinage de Oz (région *optique*),

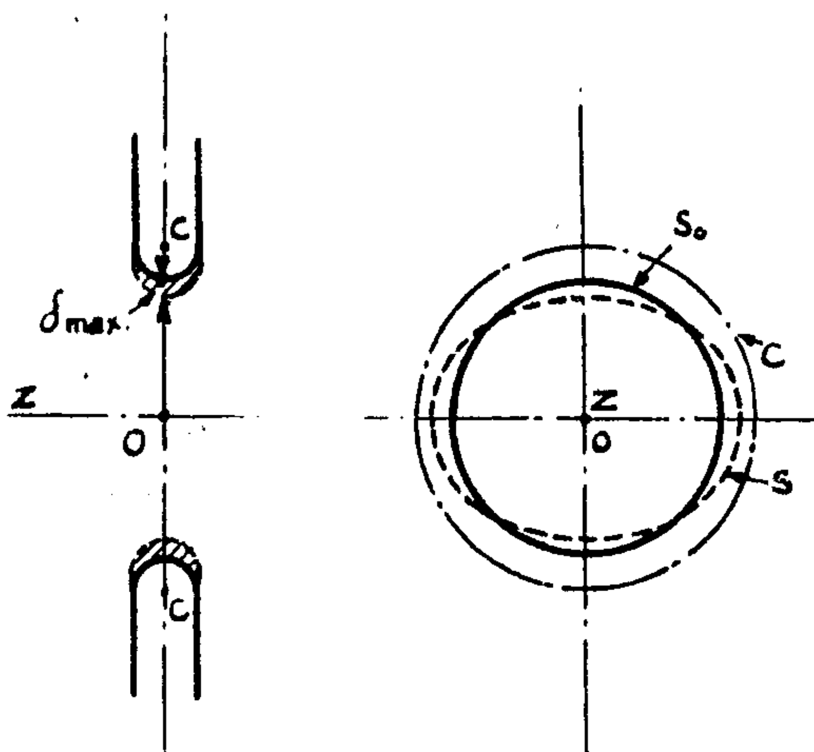
(2) $$\varphi_2(rz) = \psi_2(z)r^2 + \ldots$$

([3]) H. Bruck, *Cahiers de Physique*, 24, 1944, p. 15.

avec

$$\psi_2(z) = 0,55\,\frac{E\,\delta_{max}}{R^2}\,\frac{1}{\left(1+0,64\,\frac{z^2}{R^2}\right)^{\frac{7}{2}}} \tag{3}$$

(E, champ le long de S_0, est pratiquement constant dans la zone elliptique). La figure indique approximativement le profil du défaut correspondant.



Rôle des divers paramètres du défaut elliptique. — Soit une électrode S_0 de forme quelconque présentant un défaut localisé en une région de S_0 où le rayon est r_0, λ la pente de la méridienne sur l'axe Oz. On voit aisément par des considérations de superposition que, toutes choses égales d'ailleurs, φ ne dépend que de l'aire algébrique $\mathfrak{A}$ de la section méridienne du défaut (hachurée sur la figure). Le potentiel φ d'un défaut localisé peut, en conséquence, s'évaluer en attribuant à ce dernier un profil particulier; on vérifie que l'on peut prendre

$$\varphi = -\frac{a E \mathfrak{A}}{2\pi}\left(\frac{\partial v}{\partial a}\cos\lambda + \frac{\partial v}{\partial z}\sin\lambda\right)a = r_0.$$

d'où l'on déduit la valeur de l'intégrale suivante qui caractérise en première approximation l'importance optique de la perturbation

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi_2(z)\,dz = \frac{E\mathfrak{A}\cos\lambda}{r_0^2}$$

[ψ_2 est relié à φ par la relation (2) qui est générale].

Notons pour terminer que les défauts d'ordre supérieur, c'est-à-dire ceux en $\cos m\theta$, $\sin m\theta$ ($m > 2$) donneraient lieu à des développements tout à fait analogues.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur quelques phénomènes pouvant accompagner la fission du noyau de l'uranium.* Note [1] de M. **Bernard Kwal.**

Les photographies, fort remarquables, qu'on vient de publier [2] de trajectoires des débris de fission de l'uranium, montrent des étoiles à trois ou quatre branches, pouvant s'interpréter, comme l'ont fait d'ailleurs les auteurs, par le phénomène de tri- ou quadripartition.

Je voudrais attirer l'attention sur la possibilité de deux autres interprétations, légèrement différentes, et qui pourraient suggérer de nouvelles expériences à faire.

Un trait saillant des photographies publiées consiste dans une forte dissymétrie des étoiles; ainsi, dans celles qui sont relatives à la tripartition, remarque-t-on deux débris lourds, accompagnés d'une particule de masse faible, voisine de 4 ou 5. Cette particularité pourrait se comprendre plus aisément dans l'une des deux hypothèses suivantes.

1° *La particule légère est de nature secondaire.* — La fission du noyau de l'uranium conduisant à la formation d'un débris instable par rapport à l'émission de la particule légère, qui est peut-être la particule α. Bien que la probabilité de l'émission des particules α des noyaux composés par adjonction d'un neutron même rapide soit très faible pour $Z > 30$ [3], cette éventualité doit redevenir raisonnable pour les noyaux hautement instables et ayant plusieurs neutrons en trop, tels qu'ils résultent de la fission.

Notons que la formation d'un débris instable (mais pour $Z < 30$) a été signalée tout dernièrement [4] dans les étoiles, relatives aux désintégrations multiples produites par les rayons cosmiques.

2° *La particule légère et de nature primaire.* — Le phénomène consisterait alors dans l'émission d'une particule α (ou d'une particule de masse voisine de celle-là), avec la formation d'un noyau fissible, appartenant probablement à la famille du thorium. Peut-être n'est-il pas exclu que la réaction primaire conduise à la formation du même noyau fissible qui résulte de l'irradiation directe du thorium par les neutrons.

Le cliché, relatif à la quadripartition, présentant également une allure très dissymétrique, il y a lieu aussi d'envisager des phénomènes en plusieurs étapes, analogues à ceux envisagés plus haut, de préférence au phénomène de la quadripartition brutale.

Les théorèmes de la conservation de la quantité de mouvement et de

---

(1) Séance du 17 février 1947.

(2) Tsien San-Tsiang, R. Chastel, Ho Zah-Wei et L. Vigneron, *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 986 et 1119; **224**, 1947 p. 272.

(3) H. A. Bethe, *Phys. Rev.*, **47**, 1935, p. 747.

(4) G. P. S. Occhialini et C. F. Powell, *Nature*, **159**, 1947, p. 93.

l'énergie s'appliquent à la totalité des phénomènes mis en jeu et ne peuvent être invoqués pour trancher le débat.

Enfin, dans un autre ordre d'idées, je voudrais faire part de la remarque suivante. Les éclats de fission se déplaçant à des énergies énormes et donnant lieu à de multiples collisions nucléaires ([5]), tout se passe, relativement à eux, comme s'ils subissaient un bombardement de la part des noyaux du milieu où ils se déplacent. Dans le système de référence lié au débris, l'énergie que possède le noyau du milieu ambiant est égale à l'énergie du débris, multipliée par le rapport m_a/m_d des masses nucléaires correspondantes. Étant donnée la valeur de ces énergies et le grand nombre des éclats observés, il doit être possible de trouver des chocs désintégrants. Il n'est pas impossible que la trajectoire en T, observée par Occhialini et Powell, ne provienne d'un tel phénomène. L'étude des trajectoires des éclats de fission du noyau de l'uranium nous fournirait ainsi la possibilité d'étudier des chocs désintégrants, tout particulièrement, avec des noyaux plus lourds que H, D et He, qu'on peut difficilement lancer sur des cibles fixes sous forme d'ions de grande vitesse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'analyse physicochimique des mélanges quaternaires.* Note ([1]) de MM. **Antoine Saunier** et **René Pâris**, présentée par M. Pierre Jolibois.

La détermination quantitative des composants d'un mélange dans le domaine de la chimie organique présente fréquemment des difficultés considérables. Alors que les méthodes d'analyse élémentaire sont considérées aujourd'hui comme des techniques éprouvées et classiques, l'analyse fonctionnelle est déjà plus délicate et se trouve bien souvent en défaut pour résoudre les mélanges complexes renfermant des corps de propriétés chimiques très voisines. Il convient alors de faire appel à des méthodes physiques nécessitant souvent un appareillage coûteux. Une méthode physicochimique, simple et économique, souvent mise à profit dans l'étude analytique des mélanges d'hydrocarbures liquides, consiste à déterminer les températures de trouble de ces mélanges en présence d'un solvant convenable (méthode des *points d'aniline* par exemple). Un procédé analogue a pu être appliqué pour analyser des mélanges de phénols ([2]), ainsi que le système eau-alcool-benzène ([3]), suivant des modes opératoires différents.

Cette méthode, qui paraît très féconde, peut être étendue à l'analyse de

([5]) J. K. Boggild, K. J. Brostrom et T. Lauritsen, *Det. Kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Math. fys. Medd.*, 18, iv, 1940; *Phys. Rev.*, 58, 1940 p. 651.

([1]) Séance du 17 février 1947.

([2]) R. Paris et J. Vial, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 324.

([3]) A.-S. Smith, *Ind. Eng. Chem.*, 37, 1945, p 185.

mélanges quaternaires moyennant quelques conditions restreignant la difficulté du problème : par exemple, dans le cas d'un rapport constant entre deux constituants et la possibilité d'un dosage direct de l'un des constituants.

C'est en supposant que le mélange quaternaire obéit aux conditions précédentes que nous indiquerons d'abord dans cette première Note le principe de la méthode. Nous résumerons ensuite dans une prochaine Note les résultats que nous avons obtenus dans le cas particulier des mélanges eau-éthanol-phénol-naphtalène.

Principe de la méthode. — Puisqu'un mélange quaternaire, dans lequel le rapport entre deux constituants est constant et connu, peut être traité comme un mélange ternaire, nous désignerons par A, P, et N les constituants (solides ou liquides) à doser effectivement. Nous admettrons d'autre part que nous savons doser P directement. Ajoutons alors à un poids connu P de mélange A + P + N une quantité connue d'un premier solvant B, telle que

$$\frac{A + P + N}{B} = a.$$

Ajoutons ensuite au mélange A + P + N + B, un second solvant E, à l'aide d'une burette, cm^3 par cm^3. Si le solvant E est choisi de telle sorte qu'il soit partiellement miscible avec le mélange, on pourra déterminer la température d'apparition du trouble après chaque addition du solvant E, et ainsi tracer la courbe de variation de la température de trouble en fonction du volume de solvant E. Cette courbe sera déterminée avec soin au voisinage d'une température t que nous nous fixons, ce qui nous permet d'en déduire avec précision quel volume de solvant E il faut ajouter au poids p de mélange A + P + N additionné de p/a de solvant B pour obtenir la température de trouble t.

Si cette détermination a été faite pour un certain nombre de mélanges connus A + P + N, il est facile d'en déduire, par une seule expérience, la composition d'un mélange inconnu.

En effet : 1° la température t du trouble que nous avons choisie est une constante; 2° le rapport $a = (A + P + N)/B$ peut être également maintenu constant. Par conséquent, il ne nous reste plus que trois variables indépendantes : deux des concentrations du mélange ternaire A + P + N dont la somme est connue et le volume de solvant E nécessaire pour obtenir la température de trouble t du poids p de mélange en présence de p/a de solvant B. Désignons par V ce volume ramené à $p = 100^g$ de mélange A + P + N. Les concentrations du mélange A + P + N seront représentées par un diagramme triangulaire équilatéral et le volume V porté perpendiculairement au plan du triangle. La surface représentative du volume V sera alors dessinée dans le plan par des lignes de niveau dont chacune correspondra à une valeur déterminée de V.

Ce diagramme une fois tracé, on fera l'analyse d'un mélange X inconnu en

déterminant d'abord directement le pourcentage Px du constituant P, puis le volume Vx après addition de B et de E comme nous l'avons indiqué.

La droite $P = Px$ coupera les lignes de niveau du diagramme et en particulier celle de $V = Vx$ (déterminée par interpolation en général) en un point qui fixe la composition du mélange.

Appareillage. — L'appareil utilisé pour la détermination des points de trouble se compose d'un gros tube à essais en verre ($h = 170^{mm}$; $\varnothing = 35^{mm}$) fermé par un bouchon de laiton portant un thermomètre au 1/10, un agitateur et une burette. Ce tube peut être chauffé ou refroidi dans un bain d'eau.

Choix des solvants et des constantes. — Les solvants B et E doivent être choisis de telle façon qu'ils permettent, dans le plus large intervalle de concentrations A, P, N possible, sinon pour tout le diagramme, d'obtenir des points de trouble nets, sans phénomène d'opalescence critique qui diminue la précision. Le rapport a sera choisi de façon à fournir également des températures de trouble faciles à observer. Enfin la température t sera assez élevée pour permettre de bonnes observations, mais pas trop pour éviter une évaporation appréciable des constituants ou des solvants. Du choix correct de B, E, a et t dépend en définitive la précision du dosage.

Cette méthode nécessite donc l'établissement d'un diagramme ternaire qui est sans doute une opération assez longue, mais une fois ce diagramme établi, l'analyse d'un mélange quelconque est, comme nous le montrerons, plus expéditive que par tout autre procédé.

MÉTALLURGIE. — *Influence d'un écrouissage superficiel de l'éprouvette sur le frottement intérieur d'un acier.* Note [1] de M. **Christian Boulanger**, présentée par M. Pierre Chevenard.

On sait, notamment par les expériences effectuées par M. Waché avec les micromachines de M. Chevenard [2], que l'hystérésis mécanique et l'aptitude à l'accommodation d'une éprouvette soumise à la torsion alternée sont des propriétés très sensibles à l'état de surface. Ainsi, de deux éprouvettes en acier eutectoïde, l'une recuite sous le vide après usinage, l'autre usinée après recuit de façon à proscrire toute déformation d'ensemble, la dernière fournit des cycles couple-torsion plus ouverts et se rompt au bout d'un plus petit nombre d'alternances, la différence ne pouvant avoir d'autre cause que l'écrouissage superficiel créé par le travail à l'outil. En outre, l'aire du cycle diffère selon qu'il est enregistré aussitôt l'éprouvette usinée ou après un certain temps de repos.

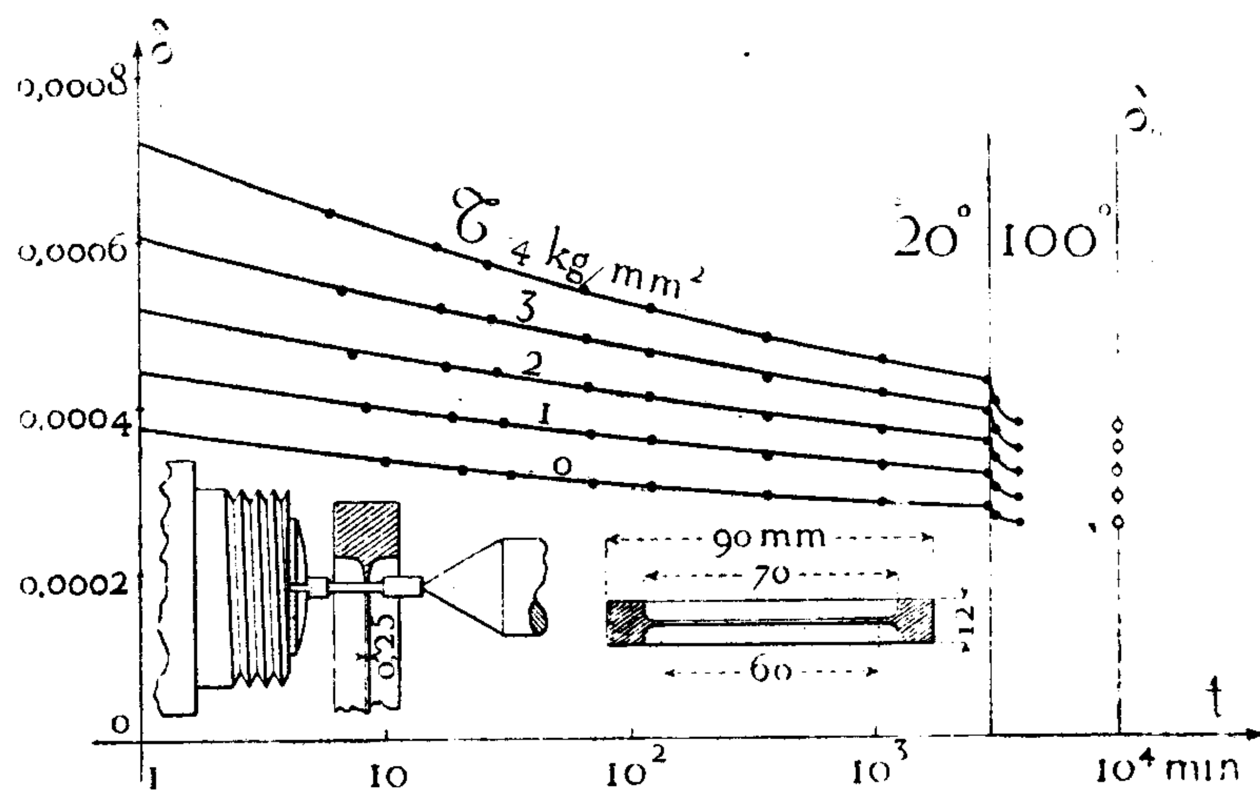
J'ai entrepris, au laboratoire de recherches de la Société de Commentry-

[1] Séance du 17 février 1947.
[2] *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 264.

Fourchambault et Decazeville à Imphy, d'étudier systématiquement l'influence de l'écrouissage superficiel et du repos sur l'hystérésis mécanique des métaux et des alliages, en faisant varier la composition, l'état physicochimique et structural, le processus de l'intervention mécanique, la température et la durée du vieillissement. La présente Note décrit l'effet, relativement considérable, d'un faible écrouissage superficiel exercé sur une éprouvette d'acier nickel-chrome-molybdène à l'état autotrempé [C 0,27 — Ni 3,1 — Cr 0,80 — Mo 0,27. Structure bainitique. Dureté Brinell, 410 kg/mm²].

Afin de mettre en évidence les plus faibles changements de l'hystérésis mécanique, j'ai eu recours à la méthode de l'amortissement, très sensible comme toute méthode de répétition. Une microéprouvette, dont le tronçon utile mesure $1^{mm},5$ de diamètre et 10^{mm} de longueur, est essayée au micro-pendule de Coulomb [3], dont les oscillations s'enregistrent optiquement sur un tambour de chronographe. L'élaboration du diagramme conduit à évaluer le décrément vrai δ pour toute valeur de l'amplitude, c'est-à-dire pour toute valeur de la contrainte au cisaillement $\mathfrak{T}$ de la fibre la plus fatiguée, comprise entre 4 et 0 kg/mm². Préalablement aux essais, j'ai précisé les conditions expérimentales requises pour obtenir des résultats reproductibles, c'est-à-dire pour faire considérer comme indiscutables les variations constatées pour l'amortissement.

Sur la figure, les points alignés sur l'ordonnée δ_0 représentent le décrément



ainsi déterminé sur la microéprouvette auto-trempée à l'abri de l'air, pour cinq valeurs de la contrainte : 0, 1, 2, 3, 4 kg/mm². Cet essai préliminaire achevé, la microéprouvette subit une sorte de *brunissage* superficiel par roulement d'un anneau en acier dur pesant 220^g, qui repose sur le tronçon cylindrique par un troit rebord de $0^{mm},25$ de largeur. Le tour étant mis en mouvement (détail en

(3) *Revue de Métallurgie*, **38**, 1941-1942, p. 273; **39**, p. 33.

bas de la figure), l'anneau roule sur la microéprouvette et se déplace en même temps de droite à gauche, le changement de sens se produisant spontanément chaque fois que le rebord de l'anneau vient heurter une tête de la microéprouvette. L'opération dure 10 minutes.

Aussitôt après, la microéprouvette est installée dans le micropendule et on effectue des essais d'amortissement échelonnés dans le temps. Les courbes de la figure montrent l'augmentation considérable du décrément causée par le brunissage, puis sa diminution progressive par vieillissement spontané à température ordinaire. Une élévation de température précipite la chute du décrément au point qu'un étuvage de 14 heures à 100°, consécutif à un séjour de 50 heures à 20°, suffit à ramener le frottement intérieur à la valeur observée avant brunissage.

Il a été constaté, d'autre part, qu'un simple polissage au papier émeri (potée 0000) produit des effets qualitativement identiques à ceux qui viennent d'être décrits.

Ces expériences, qui établissent l'influence de faibles interventions mécaniques superficielles, attirent de nouveau l'attention sur les précautions requises pour usiner et pour traiter thermiquement les éprouvettes destinées aux recherches sur l'hystérésis mécanique. En outre, l'existence à température ordinaire d'un vieillissement consécutif à l'écrouissage prouve, une fois de plus, l'intervention de la réactivité dès cette température, même dans le cas d'un acier dur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydrogénation des benzyldihydroisoquinoléines.* Note de M. **Victor Harlay.**

La déshydrogénation des dihydroisoquinoléines, et en particulier des phényldihydroisoquinoléines, est assez facilement réalisable par simple oxydation permanganique. Mais ce procédé n'est pas applicable aux benzyldihydroisoquinoléines.

Pictet et Finkelstein [1], dans leur essai de synthèse de la papavérine en 1909, ne purent dépasser le stade dihydropapavérine. L'emploi de réactifs oxydants provoque, comme le montra Pyman [2] la même année, la coupure de la molécule au niveau du groupement méthylénique du radical benzylique.

Cependant la dihydropapavérine put être transformée en papavérine en 1927 par Späth et Burger [3] par déshydrogénation catalytique au palladium. Depuis cette époque, seul l'emploi du palladium (amiante palladiée ou noir de palladium) permit de réaliser la synthèse de nombreuses isoquinoléines.

---

(1) *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 42, 1909, p. 1979.
(2) *J. of. Chem. Soc.*, 95, 1909, p. 1738.
(3) *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 60, 1927, p. 704.

Il nous a paru intéressant d'étudier dans le cas de la dihydropapavérine diverses méthodes de déshydrogénation. Cette étude comprendra, d'une part la déshydrogénation par catalyse métallique, et d'autre part celle par réaction chimique au moyen du soufre et du sélénium.

I. Déshydrogénation par catalyse métallique. — 1. *Palladium*. — Nous avons pu montrer tout d'abord que l'état initial du palladium n'influait sensiblement pas sur le rendement de l'opération. Nous avons utilisé à cet effet du noir à l'oxyde de palladium, obtenu en précipitant celui-ci sur du charbon végétal par addition de lessive de soude à une solution de chlorure de palladium à 10 %. On obtient ainsi un excellent catalyseur qui, agissant au sein du caryophyllène à 250°, conduit à un rendement pratique de déshydrogénation de la dihydropapavérine de 82 à 85 %.

2. *Nickel*. — *a*. Nickel, type Sabatier et Senderens. Aucun résultat positif ne peut être obtenu pour des températures inférieures à 250°. Dans le caryophyllène à l'ébullition (T : 255-258°; durée 1 heure). On obtient une déshydrogénation de l'ordre de 35 %. La durée du chauffage portée à 2 heures, puis à 4 heures, ne peut améliorer le rendement, qui au contraire se trouve abaissé à 30 %, puis 25 %, en raison de la décomposition partielle du produit.

b. Nickel de Raney, convenablement lavé pour le débarrasser d'alcali. Ce n'est également que vers 258° que la déshydrogénation devient sensible. Le maximum de rendement, 50 %, est atteint en 30 minutes. La qualité du produit obtenu est satisfaisante : le point de fusion de la papavérine brute est 143-145° (P. F. produit pur : 147°).

3. *Autres métaux*. — Le cuivre, obtenu à partir de l'oxyde par réduction dans un courant d'hydrogène, le cobalt, obtenu par réduction de l'un de ses sels au moyen de l'hypophosphite de sodium, n'ont donné aucun résultat.

Par contre, l'argent, préparé par réduction au moyen de l'hydrazine en milieu ammoniacal et précipité sur du charbon végétal lavé à l'acide nitrique, permet d'obtenir dans les conditions décrites 18 à 20 % de papavérine.

II. Déshydrogénation par réaction chimique. — Le soufre et le sélénium se sont révélés de bons agents de déshydrogénation dans le cas qui nous intéresse. La température de réaction optima est voisine de 250°. L'action directe du métalloïde sur la substance envisagée n'est cependant pas possible, car dès 220-230° la masse se boursoufle et se décompose entièrement. Par contre, il n'en est plus de même en présence d'un solvant à point d'ébullition élevé. Le seul ennui est que le soufre et le sélénium ne sont pas sans action sur celui-ci aux températures où l'on opère. De tous les solvants essayés, c'est encore le caryophyllène qui fut retenu. Nous avions songé à employer le naphtalène; mais celui-ci n'évite cependant pas la formation de goudrons, et présente, en outre, le gros inconvénient de distiller et d'obstruer les tubulures en cristallisant. Le soufre se dissout plus aisément dans le caryophyllène à l'ébullition que le sélénium. Ce dernier, présentant sur le soufre l'avantage de ne produire

qu'une faible quantité de matières goudronneuses, peut donc être considéré comme un réactif supérieur. Les proportions respectives utiles sont les suivantes : pour 1^g de dihydropapavérine dans 15^{cm^3} de caryophyllène, soufre 2^g, ou bien sélénium $0^g,50$ à $0^g,60$. Le rendement de la déshydrogénation est dans les deux cas de l'ordre de 55 % en produit brut, soit de 50 % en papavérine purifiée. La réaction est terminée après 10 minutes de chauffage à 255-258°.

Tous les essais que nous venons de mentionner ont été effectués sous atmosphère de gaz carbonique, afin d'éviter l'oxydation à l'air de la dihydropapavérine.

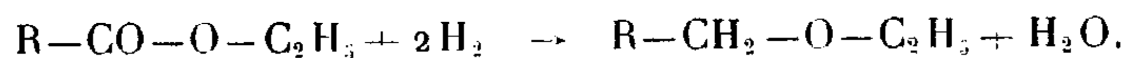
Conclusion. — Le passage de la dihydropapavérine à la papavérine peut être réalisé soit par catalyse métallique, soit par action du souffre ou du sélénium. De tous les agents de déshydrogénation, le palladium, quelle que soit sa forme, est certainement le plus efficace. Il faut retenir cependant que le nickel de Raney, le soufre et surtout le sélénium permettent cette transformation dans des conditions de rendement satisfaisantes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode générale de préparation d'alcools par réduction des acides ou de leurs esters, des cétones et des aldéhydes.* Note de M. **Georges Darzens**, présentée par M. Marcel Delépine.

On ne dispose que de deux méthodes générales pour réduire les acides ou leurs esters en alcools primaires correspondants.

La première est la méthode catalytique par l'hydrogène sous une haute pression et à une température élevée qui s'adresse surtout aux acides de poids moléculaires élevés et qui a été publiée en 1931 presque simultanément par Schrauth, Schenck et Stickdorn et Normann en Allemagne, et par Adkins et Folkers en Amérique [1]. Elle a l'inconvénient de nécessiter un autoclave spéciale et n'est, par suite, pas à la portée de tous les laboratoires.

La seconde est la méthode de Bouveault et Blanc [2] qui consiste à réduire un ester par le sodium en présence d'un alcool bouillant ; elle est d'une application beaucoup plus aisée ; par contre son rendement est généralement moins élevé et ne dépasse pas 70 à 75 %, car il se forme toujours simultanément une certaine proportion d'un ether-oxyde conformément à l'équation



$$R-CO-O-C_2H_5 + 2H_2 \rightarrow R-CH_2-O-C_2H_5 + H_2O.$$

L'eau ainsi formée saponifie ensuite une quantité correspondante d'ester qui échappe ainsi à la réduction.

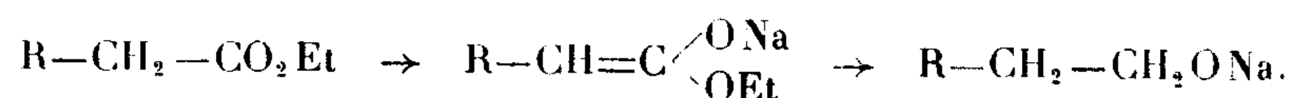
(1) *Ber. deutsch. Gesellschaft*, **64**, 1931, p. 1314 ; *Z. angew. Chem.*, **44**, 1931, p. 714 ; *J. Am. Soc.*, **53**, 1931, p. 1095.

(2) *Comptes rendus*, **136**, 1903, p. 1676 ; **137**, 1903, pp. 60 et 328.

Or, si dans cette réaction on remplace le sodium par un autre métal ayant, comme le sodium, la propriété d'être attaqué par les alcools, il n'y a pas de réduction. C'est ainsi que l'aluminium, très facilement soluble dans l'alcool amylique bouillant, n'amène qu'à un dégagement d'hydrogène sans aucune réduction. C'est en cherchant à expliquer cette anomalie que j'ai été amené à trouver la nouvelle méthode de réduction qui est exposée plus loin.

La réaction de Bouveault et Blanc doit, en effet, être en relation intime avec une propriété particulière du sodium, et deux hypothèses peuvent être faites à ce sujet.

La première est la propriété du sodium de donner facilement avec les esters des énolates, dérivés éthyléniques qui seraient ensuite réduits par l'hydrogène naissant



$$R-CH_2-CO_2Et \rightarrow R-CH=C\begin{smallmatrix}\diagup ONa \\ \diagdown OEt\end{smallmatrix} \rightarrow R-CH_2-CH_2ONa.$$

Elle rend compte du fait que l'acide benzoïque ne peut pas être réduit par la méthode en cause, mais il existe des acides, où la fonction CO_2Et est liée à un carbone tertiaire, qui sont réductibles.

La seconde serait la formation d'un hydrure NaH qui serait le véritable agent de réduction. On sait, en effet, que cet hydrure est relativement stable et facile à préparer par l'action de l'hydrogène sur le sodium à 360° environ, comme cela a été démontré par Moissan ([3]).

C'est en vue de donner une base expérimentale à cette supposition que j'ai entrepris, il y a déjà plusieurs années, des recherehes relatives à la réduction des esters par l'hydrure de sodium. L'expérience l'a entièrement confirmée et il en est résulté une excellente méthode générale de réduction des esters.

Si dans une solution bouillante de $51^g,5$ (1/4 mol.) de phénylacétate d'amyle dans de l'alcool amylique on ajoute peu à peu 12^g d'hydrure NaH, on obtient avec un excellent rendement de l'alcool phényléthylique.

Les esters des acides gras ou leurs glycérides peuvent de même être réduits et l'on peut remplacer en grande partie l'alcool amylique par un solvant neutre comme le toluène, le xylène etc.

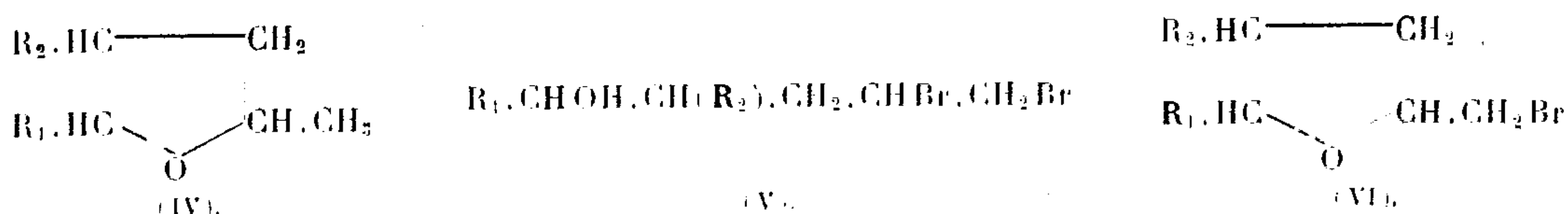
Les cétones et les aldéhydes peuvent de même être réduits. L'hydrure de sodium est, paraît-il, fabriqué industriellement aux États-Unis. D'autres hydrures seraient à étudier à ce point de vue, mais l'hydrure de calcium ne m'a pas donné de résultats, du moins dans mes conditions expérimentales, sans doute à cause de sa trop grande stabilité. Malgré les difficultés présentes, je me propose de continuer ce travail.

([3]) *Comptes rendus*, **134**, 1902, p. 71.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Propriétés des alcools γ-éthyléniques.* Note de MM. **Jean Colonge** et **André Lagier**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'enchaînement $>C(OH).C-C-C=C<$ paraît se prêter à la formation d'époxydes-1.4 comme avec le pentène-4 ol-1 (¹) ou d'époxydes-1.5 comme avec le méthylhepténol (²). Cette Note étudie les propriétés des alcools secondaires du type $R_1.CHOH-CH(R_2).CH_2CH=CH_2$ dont trois termes ont été examinés : hexène-5 ol-2 (I), diméthyl-2.2 heptène-6 ol-3 (II) et éthyl-3 hexène-5 ol-2 (III).

Ces alcools ne donnent pas de phényluréthanes, mais leurs esters *o*-phtaliques acides sont cristallisés. Distillés sur acide phosphorique, ils s'isomérisent en polyalcoyltétrahydrofuranes (IV). Par addition d'une molécule de brome, ils donnent des alcools dibromés (V) non distillables se transformant en bromométhylpolyalcoyltétrahydrofuranes (VI) quand on les traite par la quinoléine.



Mais tandis que l'alcool (III) donne finalement le composé (VI) correspondant avec un rendement de 75 % de la théorie, le dérivé dibromé étant pratiquement entièrement cyclisé, avec les alcools (I et II), par contre, ce rendement n'est que de 45 %, car il reste de l'alcool dibromé non transformé malgré un chauffage prolongé avec un excès de quinoléine.

Si cette fraction d'alcool dibromé non cyclisable est traitée par le zinc en milieu alcoolique, on régénère l'alcool γ-éthylénique initial; en soumettant ce dernier aux mêmes opérations (bromuration et action de la quinoléine), on retrouve exactement le même taux de transformation en composé (VI). Ces faits peuvent être expliqués à l'aide des formules des deux antipodes optiques qui constituent le racémique de l'alcool (I) ou (II); par addition d'une molécule de brome, on obtient deux nouveaux racémiques dont un seul possède un atome de brome et l'hydroxyle alcoolique convenablement orientés pour que la cyclisation par enlèvement d'acide bromhydrique puisse avoir lieu.

Cette hypothèse est étayée par le fait que la fraction d'alcool dibromé non cyclisable est distillable sous vide sans décomposition, alors que l'alcool dibromé brut (mélange des deux racémiques) ne l'est pas.

(¹) R. Paul et H. Normant, *Bull. Soc. Chim.*, **11**, 1944, p. 365.
(²) Doeuvre, *Bull. Soc. Chim.*, 45, 1929, p. 356.

Les bromométhylpolyalcoyl-tétrahydrofuranes (VI) sont des liquides incolores lorsqu'ils sont fraîchement distillés; ils réagissent avec les amines primaires et secondaires, en particulier avec l'aniline, en donnant des amines liquides; avec le magnésium, en présence d'éther, ils paraissent réagir normalement, mais si l'on hydrolyse la masse réactionnelle, on retombe sur l'alcool γ-éthylénique initial.

Hexène-5 ol-2 $C_6H_{12}O$. Déjà décrit; ester *o*-phtalique acide F 58°.

Diméthyl-2.2 heptène-6 ol-3. $C_9H_{18}O$. Liquide $É_{18}$ 75°; d_4^{21} 0,843; n_D^{21} 1,4389; ester *o*-phtalique acide F 102°.

Éthyl-3 hexène-5 ol-2 $C_8H_{16}O$. Liquide $É_{738}$ 164°; $d_4^{16,5}$ 0,854; $n_D^{16,5}$ 1,4421; ester *o*-phtalique acide F 77°.

Diméthyl-2.5 tétrahydrofurane $C_6H_{12}O$. Liquide $É_{752}$ 92°; d_4^{23} 0,827; n_D^{23} 1,4045; rendement 65 %.

Méthyl-2 tert. butyl-5 tétrahydrofurane $C_9H_{18}O$. Liquide, $É_{745}$ 146°; d_4^{20} 0,835; n_D^{20} 1,4228; rendement 71 %.

Diméthyl-2.5 éthyl-3 tétrahydrofurane $C_8H_{16}O$. Liquide, $É_{754}$ 134°; d_4^{18} 0,843; n_D^{18} 1,4238; rendement 69 %.

Dibromo-5.6 hexanol-2 $C_6H_{12}OBr_2$. La fraction non cyclisable par la quinoléine est un liquide visqueux, $É_{14}$ 129°; d_4^{25} 1,687; n_D^{25} 1,5270.

Diméthyl-2.2 dibromo-6.7 heptanol-3 $C_9H_{18}OBr_2$. La fraction non cyclisable par la quinoléine est un liquide visqueux, $É_{14}$ 148°; d_4^{14} 1,498; n_D^{14} 1,5143.

Méthyl-2 bromométhyl-5 tétrahydrofurane $C_6H_{11}OBr$. Liquide, $É_{20}$ 67°; d_4^{24} 1,357; n_D^{24} 1,4748.

Tert. butyl-2 bromométhyl-5 tétrahydrofurane $C_9H_{17}OBr$. Liquide $É_{14}$ 96°; d_4^{21} 1,217; n_D^{21} 1,4719.

Méthyl-2 éthyl-3 bromométhyl-5 tétrahydrofurane $C_8H_{15}OBr$. Liquide, $É_{14}$ 90°; d_4^{16} 1,246; n_D^{16} 1,4751.

Méthyl-2 N-phénylaminométhyl-5 tétrahydrofurane $C_{12}H_{17}ON$. Liquide visqueux, $É_{13}$ 161°; d_4^{17} 1,039; n_D^{17} 1,5467.

Méthyl-2 éthyl-3 N-phénylaminométhyltétrahydrofurane. $C_{14}H_{21}ON$. Liquide visqueux, $É_{12}$ 173°; d_4^{14} 1,009; n_D^{14} 1,5370.

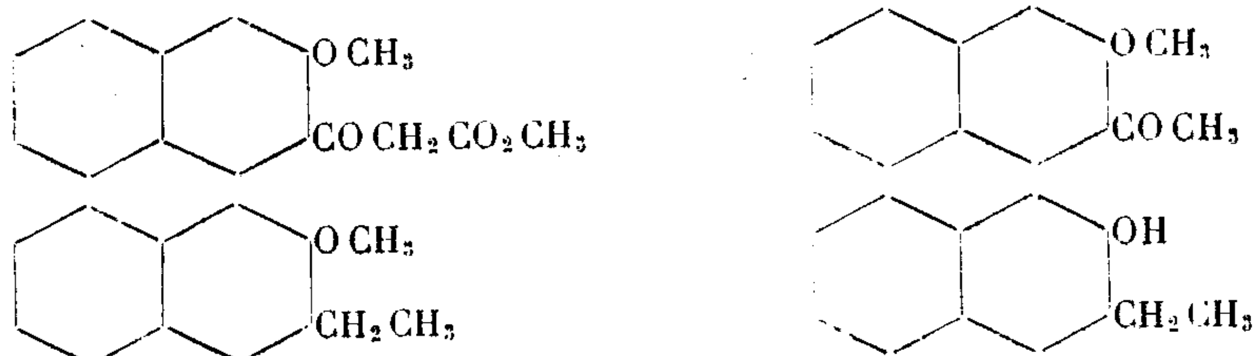
CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de l'éthyl-2 naphtol-3*. Note de MM. Henri Wahl et John Fraemohs, présentée par M. Marcel Delépine.

L'un de nous [1] a déjà indiqué que l'hydrolyse sulfurique de l'éther β_2-méthoxy β_3-naphtoylacétique conduit au méthoxy-2 acétyl-3 naphtalène.

Le rendement de cette réaction a pu être rendu presque quantitatif en utilisant au lieu d'acide sulfurique, un mélange d'acide bromhydrique concentré, d'acide acétique et d'eau; en même temps la durée de l'opération est ramenée à une ou deux heures. Il nous a paru intéressant d'utiliser cette cétone pour réaliser la synthèse de l'*éthyl-2 naphtol-3* qui, à notre connaissance, n'a pas encore été décrit.

(1) Henri Wahl, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 521.

Pour y parvenir, la cétone obtenue par le procédé précédent a été soumise à la réduction selon Clemmenssen. En prenant quelques précautions, notamment en renouvelant l'acide chlorhydrique comme l'indique G. Lévy ([2]) et en présence de toluène ([3]), nous avons obtenu avec un rendement de 50 % environ une fraction principale bouillant de 150 à 160° sous 18^{mm}. Traitée par une solution alcoolique d'acide picrique, cette fraction donne un abondant précipité d'un *picrate* en aiguilles orangées fondant à 116° après recristallisation de l'alcool (Analyse : Azote, tr. % 10,4; calc. pour $C_{13}H_{14}O + C_6H_3O_7N_3$, 10,1).



Ce picrate a été décomposé par l'ammoniaque; l'huile ainsi régénérée présente un point d'ébullition constant de 155-157° sous 18^{mm}. Densité D_4^{15} 1,052, N_D^{14} 1,599; sa composition répond à la formule $C_{13}H_{14}O$ de l'*éthyl-2 méthoxy-3 naphtalène*, liquide mobile à odeur agréable. (Analyse : tr. % C 84,3; H 7,6; calc. C 83,8; H 7,58.)

Sous l'action des agents usuels, en particulier par ébullition au sein du benzène en présence de chlorure d'aluminium ou par simple chauffage à reflux avec un mélange d'acide bromhydrique et acétique, il est facile de passer au naphtol correspondant. Cet *éthyl-2 naphtol-3* se présente en petits cristaux blancs (éther de pétrole) fondant à 78°, Éb. 205-208° sous 24^{mm}, très soluble dans la plupart des solvants organiques, peu soluble dans l'eau froide, plus soluble à chaud. (Analyse : tr. % C 83,7; H 7,0; calc. pour $C_{12}H_{12}O$, C 83,7; H 6,9.)

La fonction phénolique a été caractérisée par la formation d'un dérivé acétylé par ébullition du naphtol avec l'anhydride acétique; ce dérivé recristallise d'un mélange d'eau et d'alcool en magnifiques paillettes blanches fondant à 47° (analyse : Tr. % C 78,35; H 6,4. Calc. pour $C_{14}H_{14}O_2$ C 78,5; H 6,54). Le dérivé *benzoylé* se forme en agitant une solution alcaline du naphtol avec du chlorure de benzoyle. Il cristallise de l'alcool méthylique ou de l'éther de pétrole en petits prismes blancs F 69°5. (Analyse : Tr. % C 82,9; H 5,9. Cal. pour $C_{19}H_{16}O_2$ C 82,6; H 5,79.)

Nous nous sommes assurés que la réduction de l'hydroxy-2 acétyl-3 naphtalène conduit directement au même éthylnaphtol, mais le rendement est alors beaucoup plus faible par suite de réactions secondaires sur lesquelles nous reviendrons.

([2]) *Ann. Chimie*, 2e série, 9, 1938, p. 5.
([3]) Martin, *J. Am. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 1438.

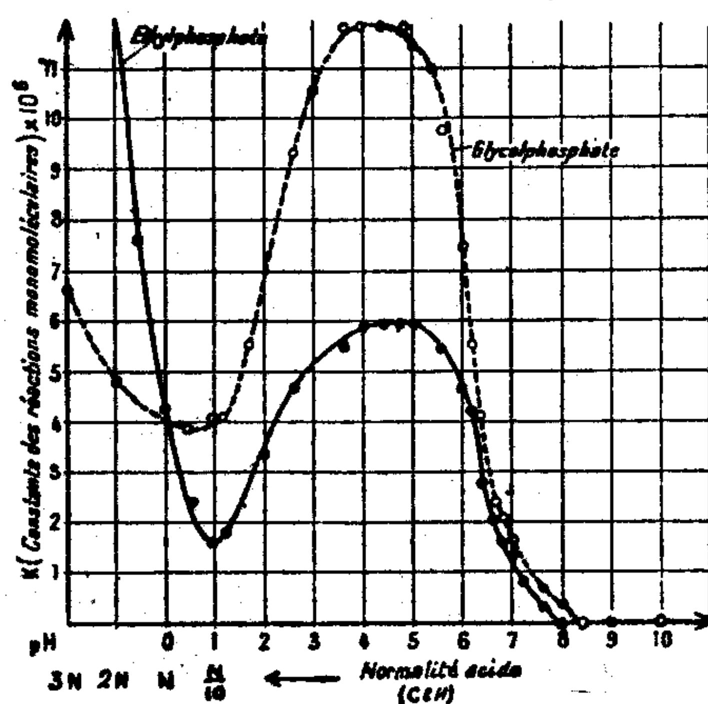
La synthèse de l'éthyl-2 naphtol-3 complète la série des éthylnaphtols dont quelques isomères seulement ont été décrits, et sa parenté avec quelques produits naturels nous paraît mériter une étude plus complète.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrolyse chimique des monoesters phosphoriques de l'éthanol et de l'éthylène-glycol.* Note de M. André Desjobert, présentée par M. Maurice Javillier.

Les monoesters orthophosphoriques sont en général des corps très résistants à l'action des agents chimiques d'hydrolyse. Très stables en milieu alcalin, ils sont lentement hydrolysés en milieu acide; cette hydrolyse atteint d'abord un maximum en milieu faiblement acide, diminue ensuite lorsque l'acidité augmente, puis croît rapidement en présence d'acides concentrés (1) à (4).

Nous nous sommes proposé d'étudier d'une façon plus détaillée les particularités de cette hydrolyse. Nous avons d'abord vérifié qu'à divers pH, la libération d'acide phosphorique à partir des monoesters de l'éthanol et de l'éthylène-glycol est bien une réaction d'hydrolyse. Les quantités d'acide phosphorique libéré d'une part et d'alcool libéré d'autre part sont équivalentes. L'éthanol a été dosé par oxydation nitrochromique et le glycol à l'aide de l'acide periodique, l'ester non décomposé ne réagissant pas avec le réactif oxydant utilisé. De même, nous avons vérifié pour divers pH que la libération de l'acide phosphorique des deux esters s'effectue selon une réaction monoléculaire.

Fig. 1.



Hydrolyse à 100°, en fonction du pH, des acides { éthylphosphorique (sol. 0,05 M) : ———— ; glycolphosphorique (sol. 0,05 M) : - - - - - - }

La figure 1 représente l'hydrolyse des deux esters en fonction du pH.

---

(1) P. Fleury et J. Courtois, *Bull. Soc. Chim. France*, 8, 1941, p. 75.
(2) P. Fleury et J. Courtois, *Bull. Soc. Chim. France*, 9, 1942, p. 570.
(3) C. Bailly, *Thèse Doct. Sc. Phys.*, Paris, 1941.
(4) P. Fleury, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 416.

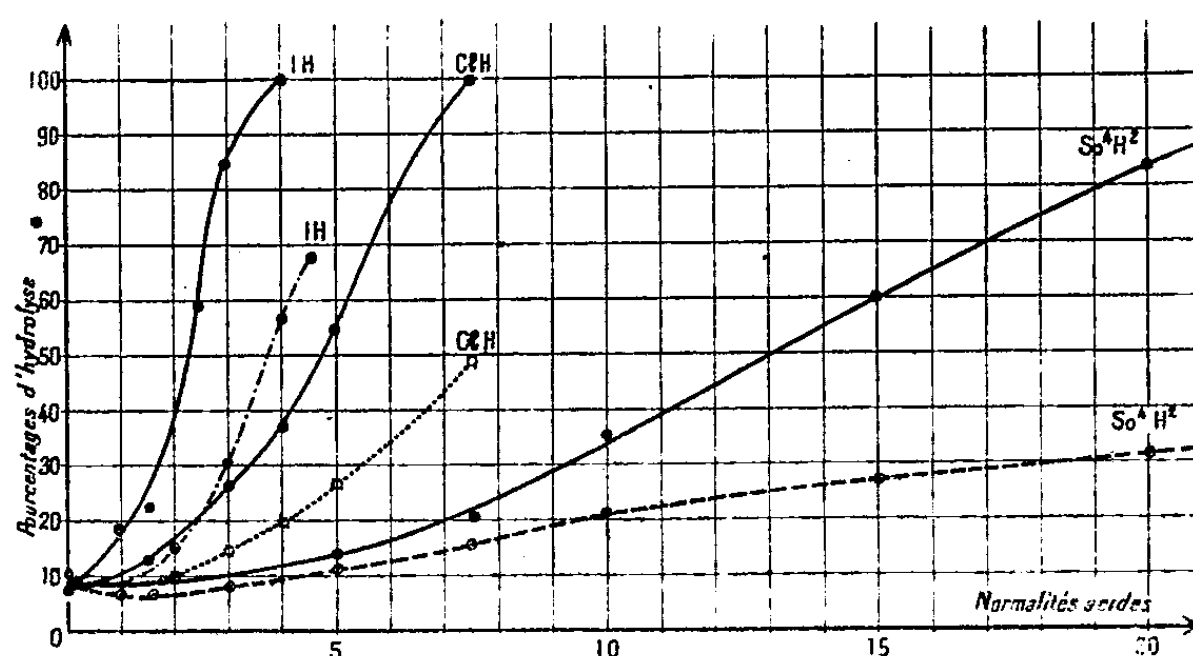
Les deux esters se comportent d'une façon similaire : l'hydrolyse débute en milieu faiblement alcalin, croît régulièrement jusque vers pH 4,0-5,0, diminue ensuite jusque vers pH 1,0 et augmente à nouveau avec l'acidité.

En vue d'interpréter ces résultats, nous avons déterminé électrométriquement les courbes de neutralisation par la soude des acides éthylphosphorique et glycolphosphorique.

Les deux acidités libres de l'acide éthylphosphorique sont complètement neutralisées à pH 8,0, et c'est précisément au-dessus de ce pH que la vitesse d'hydrolyse devient pratiquement nulle. D'autre part, le pH (4,0), auquel l'acidité la plus forte est neutralisée, correspond sensiblement au pH optimum d'hydrolyse (pH 4.ø). D'ailleurs, on peut remarquer qu'au cours de la neutralisation, l'addition d'une faible quantité de soude fait varier rapidement le pH de 3,0 à 5,5, zone où, par contre, la vitesse d'hydrolyse est assez peu influencée par le pH.

Il est possible de faire des constatations parallèles avec l'acide glycolphosphorique : les deux acidités libres sont neutralisées en milieu un peu plus alcalin que celles de l'acide éthylphosphorique; précisément, on note vers pH 8,0 une légère hydrolyse du glycolphosphate qui n'est pas observée avec l'éthylphosphate. La première acidité est neutralisée à pH 4,5 environ et correspond sensiblement au pH optimum d'hydrolyse. En résumé, avec ces deux esters, tout se passe comme si au-dessus de pH 1,0, l'hydrolyse était fonction de la proportion de sel acide $R—O—PO_2MH$ présente dans le milieu. Au-dessous de pH 1,0, le phénomène présente une allure différente, attribuée par M[lle] Bailly (*loc. cit.*) à l'action catalytique des ions (H^+) sur l'hydrolyse de la fonction ester. Il nous a paru intéressant de comparer l'action de divers acides en fonction de leur concentration.

Fig. 2.



Hydrolyse par les acides minéraux (6^h, 100°) des acides { éthylphosphorique (sol. 0,025 M) : ———— ; glycolphosphorique (sol. 0,025 M) : — — — — }

Ces résultats sont rassemblés dans la figure 2.

Qualitativement, les résultats sont identiques et le divers acides minéraux

utilisés se classent, d'après leur intensité d'action, dans le même ordre. D'autre part, dans les deux cas, les trois hydracides sont nettement plus actifs que les acides nitrique et sulfurique. Ce dernier caractère, particulièrement net, permet de rapprocher à nouveau les esters phosphoriques des éther-oxydes qui sont plus rapidement clivés par les hydracides que par les autres acides.

Si nous cherchons maintenant à différencier les deux esters étudiés, il ressort de notre figure que, au dessus de pH 1,0, l'acide glycolphosphorique est hydrolysé plus rapidement que l'acide éthylphosphorique, mais que nous observons l'inverse en dessous de pH 1,0 Cette différence nous paraît imputable à la présence pour l'un des esters d'une seconde fonction dans le reste carbonisé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés sulfurés de l'anéthol et de l'estragol.* Note [1] de MM. **Ollivier Gaudin** et **Noël Lozac'h**, présentée par M. Paul Pascal.

En collaboration avec René Pottier, l'un de nous a montré que, dans l'action du soufre sur l'anéthol à 200°, il se forme un composé de formule $CH_3O—C_6H_4—C_3HS_3$, fondant à 108°,5. Cette Note a pour objet de compléter l'étude de ce composé.

En premier lieu, nous avons voulu préciser le rôle que joue la double liaison dans la chaîne latérale de l'anéthol. Pour cela, nous avons fait agir le soufre sur l'estragol, où une chaîne allylique remplace la chaîne propénylique de l'anéthol. En opérant comme pour l'anéthol, on peut isoler un composé (A) fondant aussi à 108°,5, seul ou mélangé avec le trithioanéthol. L'analyse de (A) confirme son identité avec le trithioanéthol :

Calculé (pour $CH_3O—C_6H_4—C_3HS_3$) % C 49,97; H 3,35; S 40,02. Trouvé % : C 49,4, 49,6; H 3,09, 3,10; S 38,3, 38,8.

On voit donc que la position de la double liaison éthylénique dans le composé initial n'influe pas sur la nature du produit trisulfuré.

Pour préciser la structure du radical trisulfuré nous avons fait agir (A) sur une solution iodo-iodurée d'azoture de sodium. On sait que les thiones et les thiols provoquent un dégagement rapide d'azote dans ce réactif. L'essai avec (A) ayant été négatif, nous en avons déduit qu'il est très improbable que ce corps contienne des fonctions thione ou thiol. Les atomes de soufre doivent donc être liés au reste de la molécule par des simples liaisons, au sens électronique, c'est-à-dire des liaisons semi-polaires.

Des précisions intéressantes ont été apportées par une autre expérience. Dans la Note précédente, il a été signalé que l'acide nitrique ou le perhydrol oxydent le trithioanéthol en acide anisique. Nous avons repris l'étude de cette

---

(1) Séance du 17 février 1947.

oxydation, en employant comme agent oxydant une solution acétonique de permanganate de potassium, à la température ordinaire. Nous avons pu mettre en évidence que, dans ces conditions, l'oxydation se fait en deux stades. Le premier, très rapide, peut se formuler ainsi

$$R-C_3HS_3 + 4O = R-C_3HOS_2 + SO_2.$$

Le deuxième stade, beaucoup plus lent, s'écrit

$$R-C_3HOS_2 + 11O = R-CO_2H + 2SO_3 + 2CO_2.$$

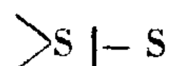
Pour isoler le composé intermédiaire (B), on met une quantité de permanganate correspondant à 6O par molécule de (A), en admettant l'équation

$$2MnO_4K = 2MnO_2 + K_2O + 3O.$$

On laisse reposer jusqu'à décoloration totale du permanganate. On filtre la solution acétonique. Le précipité contient en particulier de l'anisate de potassium, d'où l'on peut extraire de l'acide anisique. La solution acétonique, par distillation, abandonne des cristaux rouge brun des corps (B), fondant à 115°.

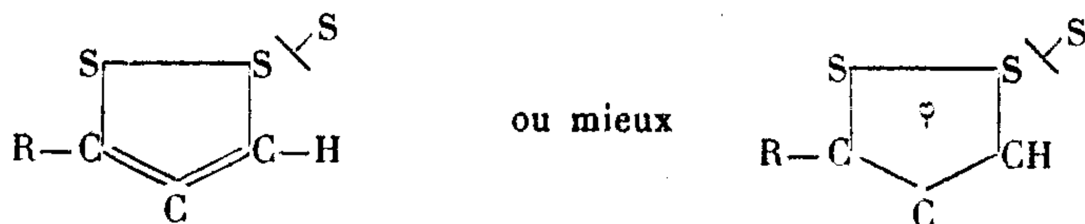
Analyse : Calculé (pour $CH_3O-C_6H_4-C_3HOS_2$) % : C 53,57; H 3,57; S 28,57. Trouvé % : C 53,55, 53,25; H 3,88, 3,80; S 28,70, 28,65.

Conclusion. — Les trois atomes de soufre du groupe $-C_3HS_3$ ne sont pas équivalents. On peut remplacer un de ces atomes par un atome d'oxygène, le reste de la molécule n'étant pas altéré. Il est vraisemblable que ce soufre mobile appartient à une fonction persulfure



Si l'on pousse plus loin l'oxydation, le reste du groupe sulfuré est dégradé profondément : il se forme une fonction acide, $-CO_2H$.

De l'ensemble des résultats acquis, il semble permis de déduire que le trithioanéthol possède une formule développée du type suivant



φ désigne dans la deuxième formule un groupe de six électrons de valence analogue à celui du noyau benzénique. D'une façon analogue, ce nouveau cycle peut être considéré comme l'équivalent sulfuré du pyrazole.

Le corps (A) que nous avons jusqu'ici nommé *trithioanéthol* serait un sulfure de (*p*-méthoxyphényl) dithiacyclopentadiène. Le corps (B), d'une manière analogue, serait un oxyde de (*p*-méthoxyphényl) dithiacyclopentadiène.

Les analyses indiquées dans cette Note ont été effectuées au Centre de microanalyse du C. N. R. S.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du cæsium sur l'allylbenzène*. Note de M. **Jean de Postis**, présentée par M. Louis Hackspill.

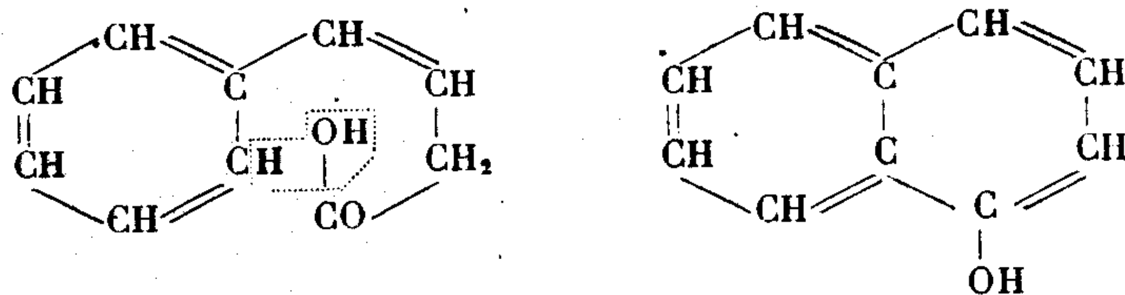
L'expérience montre que le cæsium métallique, immergé sous le toluène pur, attaque ce carbure avec dégagement d'hydrogène et formation du corps $C_6H_5-CH_2Cs$ ([1]). La même réaction a lieu si l'on opère avec une solution de toluène dans l'éther anhydre. Ce solvant semble n'avoir qu'une action très lente sur le cæsium métal, à condition d'être rigoureusement exempt d'humidité et d'alcool.

J'ai refait des expériences analogues en remplaçant le toluène par de l'allylbenzène $C_6H_5-CH_2-CH=CH_2$.

J'ai préparé ce carbure par la méthode de Tiffeneau ([2]). L'allylbenzène a été introduit en quantité calculée sur une masse connue de cæsium immergée sous de l'éther. Une vive réaction prend bientôt naissance avec dégagement d'hydrogène et formation d'un produit floconneux, rouge vif, très volumineux. La réaction est rapide et quantitative. L'organo-métallique formé absorbe rapidement le gaz carbonique en se décolorant. Si l'on reprend par l'eau, le sel de cæsium formé se dissout et l'on peut libérer l'acide organique par l'acide chlorhydrique dilué et l'extraire à l'éther.

L'évaporation de la couche éthérée laisse principalement un corps incolore, cristallisé en longues aiguilles, et une petite quantité d'une huile très épaisse et apparemment incristallisable. Le solide recristallisé, fond à 86° sans décomposition et est à peu près inodore. Chauffé quelques heures avec de l'eau pure, il se transforme en un corps jaune à forte odeur phénolique et cristallisant en aiguilles brillantes fondant au delà de 90°. Ce corps présente toutes les réactions de l'α-naphtol : en particulier, précipitation de flocons violets avec le chlorure ferrique et naissance d'une coloration violette très nette avec l'iode en milieu alcalin. (Par comparaison, ces réactifs ne donnent rien avec l'acide primitif non transformé par chauffage prolongé.)

On est donc conduit à admettre que le corps cristallisé extrait à partir de l'organo-métallique carbonaté, n'est autre que l'acide phénylisocrotonique $C_6H_5-CH=CH-CH_2-COOH$; cet acide a en effet toutes les caractéristiques du corps obtenu, et sa cyclisation en α-naphtol par simple chauffage est bien connue ([3]):

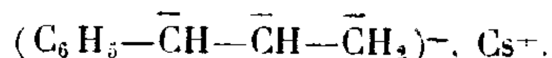


([1]) J. de Postis, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 398.

([2]) *Comptes rendus*, **139**, 1904, p. 482.

([3]) Fittig et Erdmann, *Ann. Chem. Pharm.*, **227**, 1885, p. 258.

D'après la constitution de l'allylbenzène, il semblerait que l'on doive obtenir le corps $C_6H_5—CHCs—CH=CH_2$; mais l'expérience laisse plutôt entrevoir la formation de $C_6H_5—CH=CH—CH_2Cs$. Or ces deux corps sont isomères synioniques; il est donc naturel d'écrire comme formule de l'organo-métallique



$$(C_6H_5—\bar{C}H—\bar{C}H—\bar{C}H_2)^-, Cs^+.$$

L'ion tripolaire prenant naissance ici est le conjugué de l'ion tripolaire de l'alcool $C_6H_5—CHOH—CH=CH_2$ ([4]).

En résumé, le cæsium réagit sur l'allylbenzène en donnant un composé organo-cæsique qui, par carbonatation, fournit l'acide phénylisocrotonique, cyclisable en α-naphtol.

GÉOLOGIE. — *Observations sur la géologie du Quaternaire et l'archéologie préhistorique dans la vallée de la Seine.* Note ([1]) de Mme **Laure J. Lhoste.**

De nombreuses coupes géologiques ont été publiées depuis un siècle, ainsi que des découvertes d'outillage préhistorique. Leur localisation dans le cadre de nos connaissances actuelles sur le Quaternaire n'avait pu être faite en l'absence d'une échelle de comparaison. D'autre part l'identification des industries préhishoriques n'a pas toujours été très exacte.

J'ai analysé les coupes publiées et examiné une grande partie de l'outillage. En particulier, j'ai pu montrer que le *Chelléen* de Mantes n'est pas de l'Abbevillien, mais de l'Acheuléen moyen et supérieur.

Toute tentative de chronologie doit s'appuyer sur les niveaux marins et sur les glaciations. Il apparaît de plus en plus que la localisation se fait beaucoup mieux par comparaison avec les terrasses marines qu'avec les *épisodes* glaciaires dont le nombre reste indéfini.

La chronologie archéologique s'appuie sur celle de la vallée de la Somme.

Dès maintenant, voici les niveaux reconnus, en commençant par les plus récents :

1. Terre à briques avec Paléolithique supérieur.
2. Loess récent III ou Ergeron. Faune de steppes à Spermophiles. Outillage Levalloisien terminal et Moustérien terminal (Épisode glaciaire Würm III).
3. Cailloutis interloess.
4. Loess récent II (Würm II).
5. Cailloutis interloess.
6. Loess récent I (Würm I). Micoquien final de Saint-Pierre-lès-Elbeuf.
7. Cailloutis ou sol.

([4]) Prévost et Kirrmann, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 49, 1931, pp. 194 et 1309.

([1]) Séance du 17 janvier 1947.

8. Tyrrhénien II (= ex-Monastirien = Normannien). Interglaciaire Riss-Würm. C'est l'époque du remblaiement de la terrasse de 15m et de l'altération du Loess ancien rissien, en Argile rouge, fendillée à Acheuléen supérieur (Micoquien).

9. Loess anciens (Rissien), encore difficiles à subdiviser dans la vallée de la Seine.

10. Tyrrhénien I = Interglaciaire Mindel-Riss. C'est l'époque du remblaiement de la terrasse de 30m. Une des bonnes coupes est celle de Mantes-la-Ville où le niveau supérieur fluviatile contient de l'Acheuléen. Les niveaux inférieurs ne sont pas connus. Il est donc impossible de savoir s'ils contiennent de l'Abbevillien, comme dans la terrasse de 30m de la Somme. L'outillage abbevillien remanié de Chelles pourrait appartenir à ce niveau.

11. Terrasse de 55-60m. Connue depuis la Forêt de Fontainebleau jusque dans la région de Rouen, cette terrasse n'a livré aucun outillage. Elle correspond théoriquement au remblaiement milazzien. Il serait souhaitable d'y faire des fouilles afin de rechercher l'outillage abbevillien dont c'est la place reconnue en Afrique.

12. La présence d'autres niveaux de cailloutis d'origine fluviatile à des altitudes supérieures et de « sables granitiques » à des niveaux inférieurs me paraît démontrer : 1° que la plupart des sables miocènes situés en aval de Mantes ne sont pas en place, mais remaniès lors du remblaiement des terrasses de 15 et 30m; 2° que le creusement de la vallée de la Seine a commencé bien avant le Quaternaire.

GÉOLOGIE. — *Sur les migmatites de la Bigorre.*
Note de M. **Pierre Hupé**, présentée par M. Charles Jacob.

L'interprétation des gneiss pyrénéens comme des migmatites résulte des études de E. Raguin (1) dans la moitié orientale de la chaîne.

Je suis amené à étendre cette interprétation aux gneiss et granites associés, aux aplites et microgranites, aux granulites, pegmatites et schistes cristallins de la zone axiale et de la bordure secondaire au Nord du granite intrusif du Néouvielle.

Il n'y a pas lieu d'insister ici sur les caractères pétrographiques des migmatites de la Bigorre, identiques dans l'ensemble à celles qui ont été décrites plus à l'Est.

Leur intérêt particulier réside dans le niveau exceptionnellement élevé de leur front. En effet, tandis que dans les régions examinées par E. Raguin, ce front se situe très bas dans la série paléozoïque, à plusieurs centaines ou plusieurs milliers de mètres au-dessous du Gothlandien, en Bigorre, au contraire, les

(1) *Bull. Soc. Géol. de France*, 5e série, 8, 1938, et *Géologie du Granite*, 1946.

gneiss ne sont séparés de ce dernier que par une centaine de mètres de micaschistes correspondant au sommet de l'Ordovicien. Le Gothlandien lui-même et une bonne partie du Dévonien sont inclus dans la zone des diadysites ([2]). Plus haut, le métamorphisme se poursuit à travers tout le Dévonien, transformé en schistes à andalousite. Par contre, le Carbonifère est normal.

Ce métamorphisme est lié à la mise en place des migmatites. Il s'agit bien, suivant l'expression de E. Raguin, d'un *effet d'auréole* qui se déplace verticalement en suivant les fluctuations du front des migmatites particulièrement importantes dans la région.

C'est ainsi qu'à 8^{km} à l'Ouest des gneiss du Pic du Midi, dans la vallée de Luz, par suite d'une rapide descente du front, le Paléozoïque, Ordovicien compris, reprend des caractères normaux. A la même distance vers l'Est, le Dévonien est dépouvu d'andalousite macroscopique. Vers le Nord, le front de migmatites s'abaisse encore, mais plus lentement : des niveaux calcaires de l'Ordovicien supérieur qui, dans le Massif du Pic, se trouvent englobés dans les embréchites, apparaissent dans les diadysites à 6^{km} au Nord (Massif de Lesponne) et à la limite supérieure de celles-ci dans la zone secondaire.

Dans l'ensemble, le front de migmatites apparaît donc en Bigorre comme une intumescence à grand rayon de courbure. Sa mise en place, datée par le métamorphisme qui l'accompagne, s'est faite au plus tôt à la fin du Dévonien. Mais il est probablement possible de la rajeunir davantage. On observe en effet, près du Col d'Aouet, au voisinage immédiat des gneiss du Pic du Midi et au-dessus des lydiennes de base du Carbonifère, un filon de microgranite qui appartient très probablement au système filonien des diadysites.

Dans cette hypothèse, la montée du front de migmatites aurait eu lieu au plus tôt pendant le Carbonifère. On peut peut-être aller plus loin et considérer les effets de stress inscrits dans les migmatites (plis ptygmatiques, rubannement des gneiss, etc.) comme des phénomènes syntectoniques des mouvements hercyniens, la mise en place des granites post-tectoniques du type Néouvielle et celle des migmatites représentant deux modalités dans la montée d'un unique magma.

GÉOLOGIE. — *L'échelle stratigraphique de l'Antécambrien au Sahara.* Note de M. **Roman Karpoff**, présentée par M. Charles Jacob.

Une Note récente de M. Conrad Kilian ([1]) expose, sur la stratigraphie du Précambrien d'Afrique, et plus particulièrement du Sahara, quelques idées qui appellent de ma part les remarques qui vont suivre.

([2]) Selon la terminologie de J. Jung et M. Roques (*Rev. Soc. Hist. Nat. Auvergne*; Nouv. série, t. II, 1936).

([1]) E. Haug, *Traité de Géologie*, I, p. 566.

Le Précambrien, ou mieux *l'Antécambrien*, terme adopté par E. Haug ([2]) pour ne prêter à aucune ambiguïté, correspond à la plus longue des durées géologiques, évaluée aux trois quarts de l'histoire de la Terre. Si l'on en fait une *ère*, les divisions premières seront des *systèmes*. En ce qui concerne l'Antécambrien, chacun de ceux-ci se limite vers le haut et vers le bas par des discordances majeures; un système déterminé pourra en outre se caractériser par ses roches éruptives; un autre système, par le volume réduit ou même l'absence de telles roches éruptives. C'est ainsi que procèdent dans leurs coupures les géologues scandinaves, à la suite de leur long et patient travail sur des terrains admirablement préparés à l'observation par les érosions glaciaires.

Le Sahara possède, lui aussi, de très beaux affleurements et de très belles séries de base dans ses montagnes élevées, et il revient à C. Kilian le mérite d'en avoir, en 1922, démontré l'âge antécambrien, puis, en 1932, d'avoir établi au Hoggar une importante coupure. Débutant par un conglomérat de base, son Pharusien repose en discordance sur son Suggarien ([3]). Ainsi ont été démêlées deux divisions principales dans l'Antécambrien.

Mais en 1937, C. Kilian a déclaré que dans le Pharusien et le Suggarien devraient rentrer *tous* les terrains de l'Antécambrien du Sahara. Il écrit en effet: « Quand d'autres discordances indiscutables seront découvertes, elles devront être situées par rapport à celle-là (la discordance définie en 1932), et si elles sont au-dessus ou au-dessous, plus récentes ou plus anciennes, elles permettront de diviser le Pharusien ou le Suggarien » ([4]). C'est contre cette affirmation que je crois devoir m'élever.

En 1946, j'ai individualisé un conglomérat dans le Timétrine, puis à Tessalit et à l'Oued Tahort dans l'Adrar des Iforas ([5]). Ce conglomérat, pour lequel j'ai proposé le nom de *Nigritien*, est quelquefois extrêmement épais; il est souvent accompagné à sa base d'importantes émissions de rhyolites (Oued Tahort). Il repose, en outre, sur un ensemble de terrains généralement peu métamorphiques, situés à leur tour, au Nord du Timétrine, sur des terrains fortement métamorphiques et migmatitiques par endroits.

La série au-dessus de cette discordance débutant par un conglomérat de base, correspond très probablement à celle du Pharusien sur le Suggarien. En une autre région de l'Adrar des Iforas et axé sur la ligne des crêtes passant par le Mont Achamor, il est encore connu un conglomérat correspondant, sans doute, au conglomérat de base pharusien ([6]). Les terrains qui surmontent cette discordance, bien qu'en général très peu

---

([2]) *Comptes rendus*, 224, 1947, pp. 350-352.

([3]) *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, 1932, p. 87.

([4]) *Chron. Mines Col.*, n° 58, janv. 1937, pp. 21-22.

([5]) *Comptes rendus*, 223, 1946, pp. 428-429.

([6]) M. Lelubre, *Trav. Inst. Rech. Sahariennes*, II, 1943, Alger; R. Karpoff, *Comptes rendus*, 221, 1945, pp. 512-513.

métamorphiques, le sont par contre d'autres fois et comportent une quantité de bourgeons éruptifs, par exemple à l'est d'In Azarraf. Les migmatites y apparaissent, ainsi que des granites à biotite et des granites à pyroxène ou amphibole sodiques. A l'Adrar Denat, ces granites traversent la discordance entre le Pharusien et le Suggarien. On les retrouve ailleurs dans l'Adrar des Iforas, où ils forment les massifs culminants les plus étendus (Adrars Tiraouanine, Tachdaït-Timadjelalène, Ilebdjane, Bouressa). Des masses plus petites de gabbros ont précédé l'apparition de ces granites, gabbros qui semblent, eux aussi, recouper la discordance entre le Pharusien et le Suggarien. En outre, j'ai démontré qu'un granite au moins était plus ancien que le conglomérat de base pharusien qui en renferme des galets.

Soulignée par le conglomérat nigritien et contrairement à ce qui se passe à la limite entre Pharusien et Suggarien, *la discordance supérieure est plus récente que les grandes masses éruptives*, principalement granitiques, car le conglomérat nigritien renferme des galets de ces granites à Tessalit et à l'Oued Tahort. Cependant, par sa tectonique aux plis violents et par son léger métamorphisme, ayant donné de la séricite et de l'épidote, métamorphisme inconnu dans le Cambro-Ordovicien non métamorphique, le Nigritien appartient encore aux séries antécambriennes. *Plus récent que les granites des grands massifs, il correspond à une coupure géologique de premier ordre. Le Nigritien a donc rang au moins de système*, et ne peut de ce fait former une subdivision du Pharusien. C'est pourtant la proposition de C. Kilian dans sa Note récente, de scinder le Pharusien en une partie supérieure ou Nigritien et en une partie inférieure ou Relaïdinien. Le Relaïdinien ne saurait être retenu; par contre le Pharusien prend une signification géologique précise. C'est un système discordant sur un autre, le Suggarien, et il est plus ancien que le système Nigritien qui l'a recouvert en discordance, après la mise en place de certaines masses éruptives majeures, surtout acides. Ces masses éruptives majeures recoupent, je le répète, le Pharusien.

Compte tenu de ces données, mais laissant place à de nouvelles découvertes, l'échelle stratigraphique suivante doit prévaloir pour l'Antécambrien du Sahara:

Antécambrien	III..........	Nigritien,
»	II..........	Pharusien,
»	I...........	Suggarien.

IONISATION ATMOSPHÉRIQUE. — *Au sujet de l'équilibre ionique dans la basse atmosphère*. Note (¹) de M. **Jacques Gilbert**, présentée par M. Charles Maurain.

Si n_1, n_2, N_1, N_2, N_0 sont respectivement le nombre par centimètre cube de petits ions positifs, de petits ions négatifs, de gros ions positifs, de gros ions négatifs et de noyaux neutres, c'est-à-dire de particules dont l'attachement

(¹) Séance du 13 janvier 1947.

transforme un petit ion en gros ion, l'équilibre ionique peut s'exprimer par les relations de Gish et Sherman ([2]), à savoir

$$\text{(I)} \qquad \begin{cases} \eta_{10} n_1 N_0 = \eta_{21} n_2 N_1, \\ \eta_{20} n_2 N_0 = \eta_{12} n_1 N_2. \end{cases}$$

Si l'on considère les moyennes d'une longue série de déterminations expérimentales de n_1, n_2, N_1, N_2, N_0, on devra avoir $N_0 n_1/N_1 n_2 = \text{const.}$, $N_0 n_2/N_2 n_1 = \text{const.}$

Dans ses mesures, effectuées à Paris et Chambon-la-Forêt, M^me^ Thellier ([3]) déduisait N_0 de la relation : $N_A = N_0 + N_1 + N_2$, N_A étant le nombre de noyaux mesurés au compteur d'Aitken, N_1 et N_2 étant mesurés à l'aide d'un compteur de gros ions. Soit T_0 le nombre ainsi calculé : $N_A = T_0 + N_1 + N_2$. Il ne vérifie pas les relations I, mais on a pu mettre en évidence des relations de la forme

$$\text{(II)} \qquad \begin{cases} \eta_{10} n_1 (T_0 + P) = \eta_{21} n_2 N_1, \\ \eta_{20} n_2 (T_0 + P) = \eta_{12} n_1 N_2, \end{cases}$$

où P est un nombre constant lorsque T_0, n_1, n_2, N_1, N_2 varient.

On peut les interpréter en admettant que, en dehors des noyaux d'Aitken, il y a des centres ne jouant pas le rôle de noyaux de condensation.

Soient respectivement N'_0, N'_1, N'_2, P_0, P_1, P_2 le nombre de noyaux d'Aitken neutres, chargés positivement et négativement, et le nombre correspondant de centres neutres. On aura

$$\text{(III)} \qquad \begin{cases} N_1 = N'_1 + P_1, & N_0 = N'_0 + P_0; \\ N_2 = N'_2 + P_2, & N_A = N'_0 + N'_1 + N'_2 \end{cases}$$

et, de plus,

$$N_A = T_0 + N_1 + N_2.$$

Avec ces notations, les équations de Gish s'écriront

$$\text{(IV)} \qquad \begin{cases} \eta_{10} n_1 (N'_0 + P_0) = \eta_{21} n_2 N_1, \\ \eta_{20} n_2 (N'_0 + P_0) = \eta_{12} n_1 N_2; \end{cases}$$

or, d'après (III),

$$N'_0 + P_0 = T_0 + P_0 + P_1 + P_2.$$

Les relations (II), mises expérimentalement en évidence, sont identiques aux relations de Gish sous la forme (IV), si l'on pose

$$P = P_0 + P_1 + P_2;$$

P représente le nombre total de centres supplémentaires, que les relations de

---

([2]) *Ionic equilibrium in the troposphère and lower stratosphère* (*International Association of terrestrial magnétism and electricity*. Washington, Assembly Sept. 1939).

([3]) *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Paris*, **19**, p. 107, Thèse Paris, 1941.

Gish permettent donc de déterminer. Celles-ci peuvent s'écrire sous la forme,

$$(\text{V})\quad \begin{cases} \dfrac{n_2 N_1}{n_1 N_0} = \dfrac{\eta_{10}}{\eta_{20}}\left(1+\dfrac{P}{T_0}\right), \\ \dfrac{n_1 N_2}{n_2 N_0} = \dfrac{\eta_{20}}{\eta_{12}}\left(1+\dfrac{P}{T_0}\right), \end{cases}$$

montrent que $n_2 N_1/n_1 N_0$, $n_1 N_2/n_2 N_0$ sont respectivement fonctions linéaires de $1/T_0$.

L'ordonnée à l'origine de la droite représentative donnera la valeur des rapports η_{10}/η_{21}, η_{20}/η_{12}, et, de la pente, on pourra déduire la valeur de P.

Cette méthode a été appliquée aux mesures de Mme Thellier ([4]) (Chambon, 1938-1939; Paris, 1934-1935), en adoptant les valeurs,

Chambon (sauf août).......... $\dfrac{\eta_{10}}{\eta_{21}} = 0,0334$, $\dfrac{\eta_{20}}{\eta_{12}} = 0,0474$;

Paris........................ $\dfrac{\eta_{10}}{\eta_{21}} = 0,077$, $\dfrac{\eta_{20}}{\eta_{12}} = 0,123$.

Pour le mois d'août 1938, qui présente à Chambon une singularité électrique déjà signalée par Mme Thellier ([3]), les rapports doivent être

$$\frac{\eta_{10}}{\eta_{21}} = 0,0334, \qquad \frac{\eta_{20}}{\eta_{12}} = 0,0935.$$

C'est à partir de l'ensemble des données, pour Chambon et Paris, respectivement, qu'ont été déterminées ces valeurs des ordonnées à l'origine. On a ensuite tracé les droites passant par cette ordonnée à l'origine, et s'ajustant le mieux aux points expérimentaux. Pour Chambon, une droite a été tracée pour chaque heure de mesure (9^h, 13^h, 17^h) de chaque mois, les mesures étant classées par valeurs croissantes de T_0, et chaque point correspondant à la moyenne de 6 à 10 mesures. Pour Paris, on a seulement distingué saison chaude et saison froide.

Le tableau suivant donne le résultat des déterminations de P; les lignes (1) et (2) donnent les valeurs de P obtenues respectivement à partir de la première et de la deuxième des relations V.

		Chambon						Paris	
		Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Octobre.	Février.	Été.	Hiver.
9^h	1.......	28000	25000	20000	26000	31000	43000	43000	180000
	2.......	25000	27000	24000	35000	32000	53000	43000	200000
13^h	1.......	31000	22000	19000	33000	29000	36000	20000	–
	2.......	34000	19000	18000	35000	27000	37000	23000	–
15^h	1.......	–	–	–	–	–	–	34000	170000
	2.......	–	–	–	–	–	–	34000	150000
17^h	1.......	25000	25000	13000	23000	–	35000	–	190000
	2.......	23000	23000	11000	22000	–	43000	–	190000

([4]) Résultats non entièrement publiés.

Il paraît résulter de ce tableau :

1° que les relations d'équilibre de Gish et Sherman sont applicables à condition de tenir compte, en dehors des noyaux d'Aitken, de centres ne jouant pas le rôle de noyaux de condensation ;

2° que le nombre de centres supplémentaires est sensiblement constant à Chambon (voisin de 30 000);

3° que le nombre de centres est, à Paris, beaucoup plus élevé en hiver qu'en été.

BOTANIQUE. — *Sur l'organisation d'une Balanophoracée :* Thonningia coccinea *Vahl.* Note (¹) de M. **Georges Mangenot**, présentée par M. Roger Heim.

La famille des Balanophoracées comprend un petit nombre d'espèces, toutes holoparasites sur des racines de Phanérogames et dont la plupart habitent les forêts tropicales d'Amérique et d'Indonésie; en Afrique tropicale n'existe que le genre *Thonningia* comprenant deux espèces : *Th. coccinea* Vahl. et *Th. sessilis* Lec. L'organisation des plantes de cette famille, en dépit de travaux déjà anciens, dont les meilleurs sont ceux de E. Heinricher (²) et de M. Strigl (³) sur divers *Balanophora* d'Indonésie, n'est pas connue. Sur le genre *Thonningia* en particulier, n'existe qu'une étude, par H. Lecomte, de *Th. sessilis* (⁴).

Th. coccinea révèle sa présence par ses capitules unisexués (diœcie), d'un rouge vif, affleurant à la surface du sol. Le réceptacle, recouvert extérieurement de feuilles écailleuses rouges, est porté au sommet d'une courte tige qui s'insère elle-même, à une dizaine de centimètres sous le sol, sur un organe cylindrique à croissance horizontale de 5 à 10^{mm} de diamètre, assez peu ramifié, mais à branches très allongées, et dont le sommet est un cône méristématique de teinte jaune vif : H. Lecomte décrit cet organe comme un rhizome.

Nos recherches nous ont montré qu'il s'agit, en réalité, d'une racine parfaitement caractérisée : l'appareil végétatif de cette plante est réduit, comme celui d'une Monotrope (plante mycotrophe; chez les Phanérogames parasites d'autres Phanérogames, cette disposition était jusqu'ici inconnue), à une racine ramifiée produisant des inflorescences adventives. Mais cette racine est remarquable par son grand développement horizontal, sa faible ramification et ses particularités anatomiques.

Des coupes transversales sous le sommet révèlent, sous un parenchyme cortical homogène, l'ébauche d'un cylindre central, distinct par ses cellules

---

(¹) Séance du 17 février 1947.

(²) *Sitz. ber. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien.* (*Math. Naturwiss. Kl.*, **116**, 1907, pp. 439-465.

(³) *Ibid.*, **117**, 1908, pp. 1127-1175.

(⁴) *Journ. de Bot.*, **10**, 1896, p. 229-235.

plus petites : de section ovalaire, à grand axe horizontal, cette stèle n'a encore différencié que quelques tubes criblés, peu nombreux, périphériques, localisés dans la région médiane de la surface supérieure et de la surface inférieure.

A mesure que l'on s'éloigne du sommet, on observe les modifications suivantes. Le contour de la stèle devient un rectangle à grand côté horizontal; tandis que les tubes criblés primitifs s'atrophient, de nouveaux tubes se développent vers les bords de la stèle et, bientôt, quatre massifs de phloème se différencient, répartis deux par deux, en deux groupes opposés, sous les petits côtés du rectangle stélique. Le xylème se différencie un peu plus tard, sous forme de deux courtes séries de vaisseaux, d'emblée réticulés, à différenciation centripète, apparaissant de chaque côté entre les deux massifs criblés : dès ce moment, la stèle se présente comme un parallélépipède rectangle contenant, dans chacune de ses régions marginales, un *convergent* typique ([8]); les deux convergents opposés sont séparés l'un de l'autre par une large bande parenchymateuse.

A partir de ce moment, l'évolution de la racine passe par les stades suivants. *Dans la stèle*, les convergents vont évoluer, chacun séparément, depuis la phase alterne primitive jusqu'à la phase superposée, avec formation d'une assise génératrice libéro-ligneuse. Dans les parties âgées de la racine, chaque convergent subsiste ainsi, à l'état secondaire, sous forme de deux massifs libéro-ligneux localisés à l'un des bords de la stèle; entre chacun de ces massifs subsistent toujours quelques vaisseaux, vestiges des xylèmes alterne ou intermédiaire. Enfin, une bande sclérenchymateuse à section lenticulaire se développe, dans le parenchyme stélique, entre les deux convergents opposés. *Dans l'écorce*, se forment d'abord des piliers sclérenchymateux cylindriques (sclérites courts) répartis en couches concentriques autour de la stèle. De plus, dès que commencent, dans chaque convergent, les cloisonnements secondaires, des faisceaux libéro-ligneux surnuméraires disposés en un cercle et à orientation inverse, se forment dans l'écorce : chaque faisceau naît aux dépens d'une file unique de cellules parenchymateuses à l'intérieur desquelles interviennent des cloisonnements successifs. Ultérieurement, une assise génératrice se constitue dans chacun de ces faisceaux. L'ensemble de ces faisceaux surnuméraires est en rapport avec ceux de la stèle.

Les caractères histologiques du xylème primaire (vaisseaux courts et d'emblée réticulés), la faible longueur des cellules parenchymateuses. ou scléreuses, semblent indiquer que les processus d'allongement cellulaire sont peu marqués.

L'origine des inflorescences adventives est endogène; elles naissent latéralement, en face de l'un des convergents, puis se redressent et croissent vertica-

([8]) G. Chauveaud, *La constitution des plantes vasculaires révélée par leur ontogénie*, Paris, 1921.

lement. La tige de l'inflorescence contient plusieurs cercles irréguliers de faisceaux libéro-ligneux à structure superposée, à orientation normale ou inverse, doublés de grêles piliers sclérenchymateux.

Ni la racine, ni les tiges adventives ne produisent, en aucune partie, d'amidon. Les noyaux offrent une structure caractéristique : chacun contient de nombreux chromocentres plus ou moins volumineux, sans réseau, comme chez les Conifères. Le nombre des chromosomes a été compté à la métaphase hétérotypique dans les cellules-mères du pollen : $n = 18$.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *La carte botanique du monde à 1/1 000 000.* Note de M. **Henri Gaussen**.

Dans une Note précédente ([1]) ont été indiqués quelques principes utiles pour un emploi raisonné des couleurs en cartographie botanique. Pour une carte à l'échelle de 1/1 000 000 qui aurait pour fond la carte internationale du monde, on peut imaginer une application de la méthode synthétique.

En chaque point la végétation réelle ou possible est déterminée par une série de facteurs; les plus importants sont : la température, l'humidité, la sécheresse estivale (étésianité), la lumière, la présence des saisons, le sol. Si chaque facteur était représenté par une carte monochrome, la superposition donnerait des couleurs trop complexes. Mais si on laisse du blanc chaque fois qu'un facteur est à sa valeur moyenne, on peut superposer plusieurs cartes sans trop compliquer les couleurs.

D'autre part, il faut faire intervenir la notion de facteurs de compensation. Une forte sécheresse a des effets voisins de ceux que provoque une température élevée. Il sera bon que des couleurs non identiques mais voisines représentent les facteurs susceptibles de compensation.

Avec ce procédé de synthèse on obtient des superpositions peu complexes, donc de couleurs simples; et l'on peut dès qu'on connaît les conditions biologiques d'un groupement trouver la couleur qui lui convient. On peut donc envisager une gamme de couleurs valable pour une carte du monde.

On peut proposer la gamme suivante :

Facteur température. — $t1$ très froid : points gris foncé; $t2$ froid : points gris clair; $t3$ tempéré froid : blanc; $t4$ tempéré chaud : jaune d'or; $t5$ chaud : orangé; $t6$ très chaud : orangé rouge.

Facteur humidité. — $h1$ très sec : jaune orangé; $h2$ sec : jaune soufre; $h3$ peu humide : blanc; $h4$ un peu humide : bleu clair; $h5$ humide : bleu foncé; $h6$ très humide : violet bleu foncé.

Facteur étésianité. — (étés secs) $e < 7$ été suffisamment pluvieux : blanc; $e > 7$ été sec : jaune de cobalt.

([1]) *L'emploi des couleurs en cartographie* (*Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 450).

Facteur lumière. — l_1 grande lumière : rose; l_2 lumière moyenne : blanc; l_3 ombre : noir indigo.

Saison de végétation. — v_1 courte saison : points; v_2 moyenne : blanc; v_3 continue : hachures verticales indigo sur le fond.

Facteur sol. — Quand il a pour effet de modifier la température ou l'humidité on modifiera la valeur de t ou de h. Cependant le sol est parfois si important qu'il faut le signaler. On peut prendre les divisions : s, salé : rouge vif; T abondance d'humus : croix bistres; ca calcaire : croix jaunes.

A titre d'exemple citons : le Hêtre a pour *formule* $t3\ h5\ l2\ v2\ e < 7$, il sera bleu foncé; l'Arganier : $t5\ h2\ l1\ v2\ e > 7$, il sera orangé rouge avec superposition de jaune cobalt.

Si deux contrées ont des couleurs analogues même si elles résultent de superpositions différentes, c'est que les conditions biologiques se ressemblent. Les plantes de l'une pourront facilement être utilisées dans l'autre. La méthode est donc fertile en renseignements intéressants.

En résumé, on voit qu'on peut donner une base raisonnée à l'emploi des couleurs et la cartographie botanique n'est pas seule à pouvoir profiter des directives données ci-dessus.

CHIMIE AGRICOLE. — *Essai de thérapeutique interne du Court-Noué des vignes de Champagne par les complexes métallo-siliciques.* Note (¹) de M. **Étienne-Marcel Bastisse**, présentée par M. Albert Demolon.

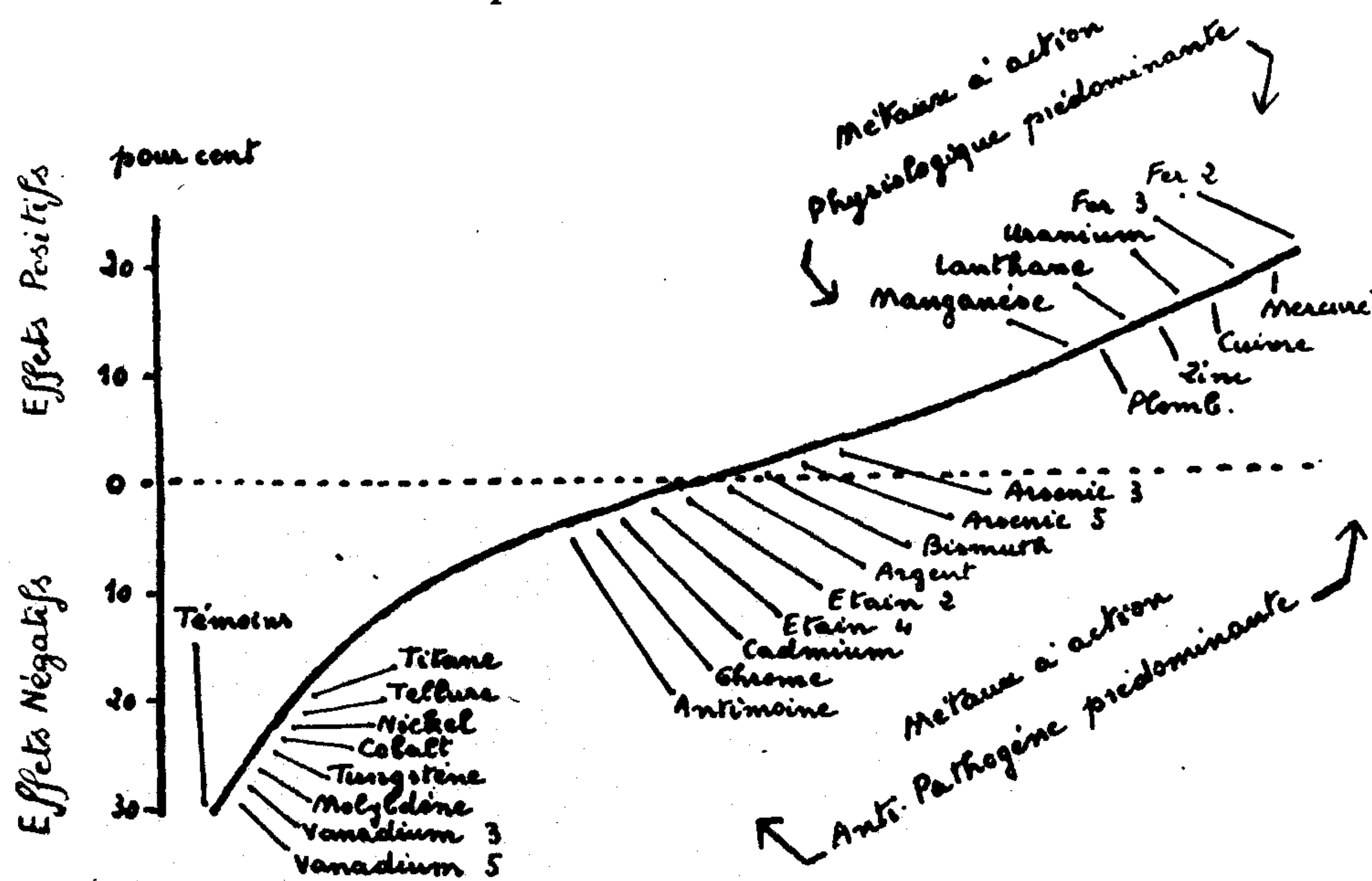
Nous avons signalé dans une Note antérieure (²) l'activité physiologique des complexes métallo-siliciques. Ces composés sont susceptibles d'être appliqués au traitement de diverses affections des plantes. Les résultats relatés dans cette Note concernent la lutte contre le Court-Noué de la vigne. Cette maladie a été attribuée aux causes les plus diverses, parasitaires, physiologiques et écologiques. Nous avons expérimenté une série de 26 produits dans les conditions suivantes.

Les essais ont porté sur 657 pieds, choisis dans le vignoble Möet et Chandon du Fort-Chabrol à Épernay ou de Mesnil-sur-Oger. Le traitement consistait à forer dans le cep un trou incliné de bas en haut à l'emplacement du bourrelet de greffe et à le bourrer de la substance à essayer, soit environ 3ᵍ, à l'état de poudre renfermant 10 % de métal. Les essais ont duré 3 ans, de 1944 à 1946. Comme la mesure du rendement n'est pas en relation simple avec l'état de santé des ceps, il a fallu pour apprécier les résultats, faire expertiser les vignes. Dans ce but, trois chefs vignerons passaient tous les ans dans le vignoble, et pour chaque pied, procédaient à des mesures et appréciations portant sur : le

(¹) Séance du 10 février 1947.

(²) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 212.

nombre et la longueur des rameaux, leurs déformations et leur grosseur à différentes distances; l'état du système foliacé, nombre de feuilles pour chaque branche et pour l'ensemble, ainsi que les dimensions et les formes de ces feuilles; distances séparant les entre-nœuds; le nombre de grappes; longueur, forme, développement et poids des Raisins. Toutes ces mesures permettent de caractériser le développement général du Cep, et d'apprécier son état de santé apparent que l'on traduisait par une note d'ensemble variant de o pour les plans présentant tous les symptomes végétatifs du Court-Noué, jusqu'à 20 pour les pieds rigoureusement sains. Nous avons reporté dans le tableau ci-dessous : en ordonnées, la différence entre la moyenne des notes du début et la moyenne des notes de la fin de l'expérience; en abscisses, les produits ont été classés suivant l'intensité de l'effet produit.



Classement des métaux dans l'ordre d'efficacité croissante.
Différences entre les notations initiales (1944) et finales (1946) des essais en pour 100 des notations initiales.

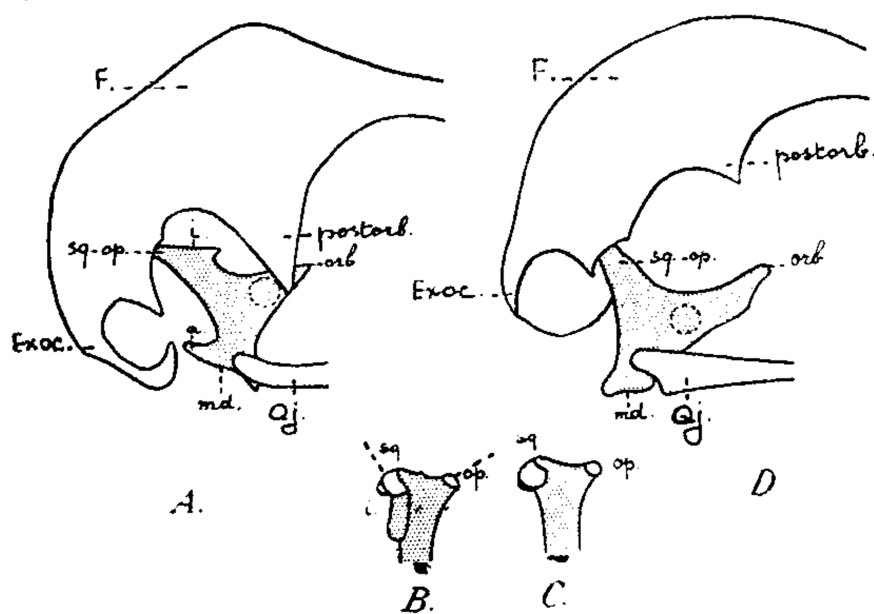
Nous constatons que les complexes métallo-siliciques se divisent en 3 groupes : *a*. Produits inactifs avec lesquels la vigne évolue comme le témoin. *b*. Produits actifs : 1° neutralisants pour lesquels la Vigne se maintient à l'état initial; 2° améliorants pour lesquels l'état de santé du cep s'améliore. Cette amélioration s'est manifestée lentement et s'est accentuée la seconde année. Nous retrouvons dans cette série le fer, le manganèse, l'uranium et le lanthane, qui se sont comportés comme des facteurs de croissance actifs dans nos expériences antérieures (1). Soulignons également la présence dans ce groupe de métaux employés comme antiseptiques, tels que le mercure, le zinc, le cuivre.

L'action de substances à propriétés aussi variées conduit à penser que le Court-Noué dépend de facteurs divers. Au cours de nos essais, il est apparu : 1° que les traitements précoces (avril) sont plus efficaces que l'intervention tardive (juin); 2° que les vignes s'améliorent d'autant moins et d'autant plus lentement qu'elles sont plus atteintes. Ces résultats permettent d'envisager la possibilité d'emploi de ces produits dans la pratique viticole en associant la recherche de variétés résistantes et le contrôle sanitaire des porte-greffes et greffons.

ANATOMIE COMPARÉE. — *La position systématique des* Anhimæ *groupe aviaire sud-américain.* Note de M^lle^ **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les *Anhimæ*, qui comportent deux genres (*Anhima*, *Chauna*) et trois espèces, forment un petit groupe aviaire sud-américain dont la position est encore énigmatique, en dépit des travaux assez nombreux les concernant; de sorte que l'on peut dire avec F. E. Beddard, le célèbre morphologiste (1898) : « en vérité, ces Oiseaux sont susceptibles d'être décrits comme des Oies ayant des caractères extérieurs de Hocco, ou comme des Gallinacés ayant pris l'apparence d'Oies ».

En vue de préciser les affinités de cette famille archaïque (ainsi que le montre surtout la forme des côtes, sans apophyse uncinée), j'en ai étudié le *Quadratum*, partie du squelette viscéral dont l'importance, en systématique, est considérable (P. R. Lowe, 1926).



Schémas du *Quadratum* droit d'un Anhimé (*Chauna*) et d'un Phœnicoptéridé (*Phœnicopterus*), d'après des pièces du Museum (Anatomie comparée). — *A* et *D*, région postérieure du crâne (vu par sa face latérale droite) de *Chauna chavaria* L. (en *A*) et de *Phœnicopterus* sp. (en *D*). — *B* et *C*, vue supérieure du *Quadratum* de *Chauna chavaria* L. (en *B*) et de *Phœnicopterus* sp. (en *C*) dans la région de son articulation postérieure. — Le *Quadratum* est en grisé (sauf les parties articulaires). F, frontal; Exoc, exoccipital; Qj, quadrato-jugal; postorb, apophyse postorbitaire; sq, facette squamosale; op, facette opisthotique; md, face articulaire pour la mandibule; orb, apophyse orbitaire (dont la région papyracée est limitée par un pointillé); a, apophyse, et i, surface, donnant insertion à des ligaments. — Les schémas *A* et *D* sont environ $^2/_3$ de G. N., les schémas *B* et *C*, environ G. N.

Lorsque, chez la *Chauna chavaria* L., on observe, par sa face supérieure, la région de l'os carré qui s'articule avec la base du crâne, on voit, de dedans en dehors (*fig.* B) : 1° une petite facette opisthotique, légèrement ovale, dirigée

en arrière; 2° une longue région non articulaire; 3° une facette squamosale qui descend sur le bord externe du *Quadratum* en affectant l'aspect d'une portion de cylindre et dont la direction est à angle droit avec celle de la facette opisthotique. L'énarthrose squamosale de la *Chauna* est tout à fait différente de celle des autres Carinates en général et des *Anseridæ*, en particulier, dont les deux facettes de l'articulation basale, non situées dans un même plan, ne sont cependant pas à angle droit, la tête squamosale n'étant nullement subcylindrique.

Ce bicéphalisme si spécial rapproche, par contre, indubitablement, les *Anhimæ* des *Phœnicopteridæ*, chez lesquels la même morphologie s'observe (*fig.* C). Ceci est intéressant, car d'autres caractères encore sont communs à ces deux familles : la forme du palais, desmognathe, celle de l'apophyse angulaire postérieure de la mandibule, très allongée et en crochet, la présence de lamelles cornées sur le bord du bec (dispositions qu'elles partagent, il est vrai, avec les *Anseridæ*); enfin, l'aspect des sacs aériens cervicaux et claviculaires, divisés en loges nombreuses.

Le *Quadratum* de la *Chauna* présente une petite apophyse, en arrière de l'articulation avec le Quadrato-jugal, et une facette allongée, en avant de la tête squamosale (*fig.* A et B), destinées à l'insertion de fibres résistantes qui s'attachent, d'autre part, à la base du crâne, assurant l'immobilité de l'os carré. J'estime qu'il s'agit d'une disposition archaïque, tendant à remplacer l'enclavement originel du *Quadratum* dans le crâne ([1]) et dont les Flamants ne présentent pas de trace (*fig.* C et D).

Les *Anhimæ*, par leur aspect extérieur, sont très différents des *Phœnicopteridæ*, mais il faut noter que le bec extraordinaire des Flamants, long et brusquement courbé vers le bas, en son milieu, est, au contraire, court et droit chez le jeune; il était droit sans doute, également, chez des Flamants disparus, les *Palælodidæ* du Miocène d'Europe, qui, par leur tibio-tarse et, surtout, leur tarso-métatarse, beaucoup plus courts que ceux des *Phœnicopteri*, leurs doigts sensiblement plus longs (A. Milne Edwards, 1871), établissent une transition impressionnante entre les *Anhimæ* et les *Phœnicopteridæ*, quoique moins adaptés au vol que les uns et les autres.

La morphologie du *Quadratum* des *Anhimæ*, décrite ici pour la première fois, s'ajoute donc à d'autres caractères de cette famille pour montrer, semble-t-il, qu'un phylum aviaire primitif se serait divisé très tôt, au cours des temps géologiques, dès le début du Secondaire sans doute, en deux groupes divergents : d'une part, les Ansériformes ([2]), d'autre part, les Phœnicoptériformes, dont les *Anhimæ* représenteraient les survivants d'une époque fort ancienne.

([1]) M. FRIANT, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 221.

([2]) Déjà bien individualisés au commencement de la période crétacée, ainsi qu'en témoigne la présence d'un Canard, le *Gallornis Straeleni* Lambrecht, dans le Néocomien d'Auxerre (France).

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Les variations du rapport cellulo-nucléaire dans les glandes céphaliques de* Bacillus Rossii, *Fabricius*, 1793. Note (1) de M. **Charles Boisson**, présentée par M. Maurice Caullery.

On sait que l'activité glandulaire d'un tissu se manifeste par un accroissement des cytoplasmes beaucoup plus important que celui des noyaux. La valeur du rapport cellule/noyau ou C/N, croît ou décroît dans le même sens que l'activité sécrétrice, ainsi que l'a montré J. Benoît.

Nous avons déterminé les variations de ce rapport dans deux glandes céphaliques de *Bacillus rossii*; à savoir les *corpora cardiaca* et les *corpora allata*.

La technique qui nous a servi est basée sur l'emploi du planimètre. Des coupes fines, convenablement choisies, sont dessinées avec soin à la chambre claire et à l'immersion. Sur le dessin, on détermine la surface du tissu glandulaire; puis celle des noyaux et l'on fait le rapport. Nous avons contrôlé par de nombreuses mesures, la précision de la mesure, déterminé sa valeur par comparaison avec d'autres techniques classiques (méthode pondérale par exemple) et vérifié que les chiffres obtenus sont pratiquement indépendants des fixateurs employés. La valeur et les possibilités de la méthode étant connues, nous avons opéré sur des *corpora cardiaca* et *corpora allata* d'individus pris à des moments bien précis du développement larvaire.

L'insecte étudié, de l'œuf à l'imago, subit 7 ou rarement 8 mues, séparées par un intervalle de onze jours; et l'on a distingué 7 âges dans son évolution normale; chacun d'eux étant défini par 2 mues successives.

Si l'on prend un âge quelconque, le 6e par exemple, on peut déterminer le rapport C/N à tous les jours de cet âge et tracer, en fonction du temps, la courbe des variations de ce rapport. On obtient alors la figure suivante (*fig.* 1).

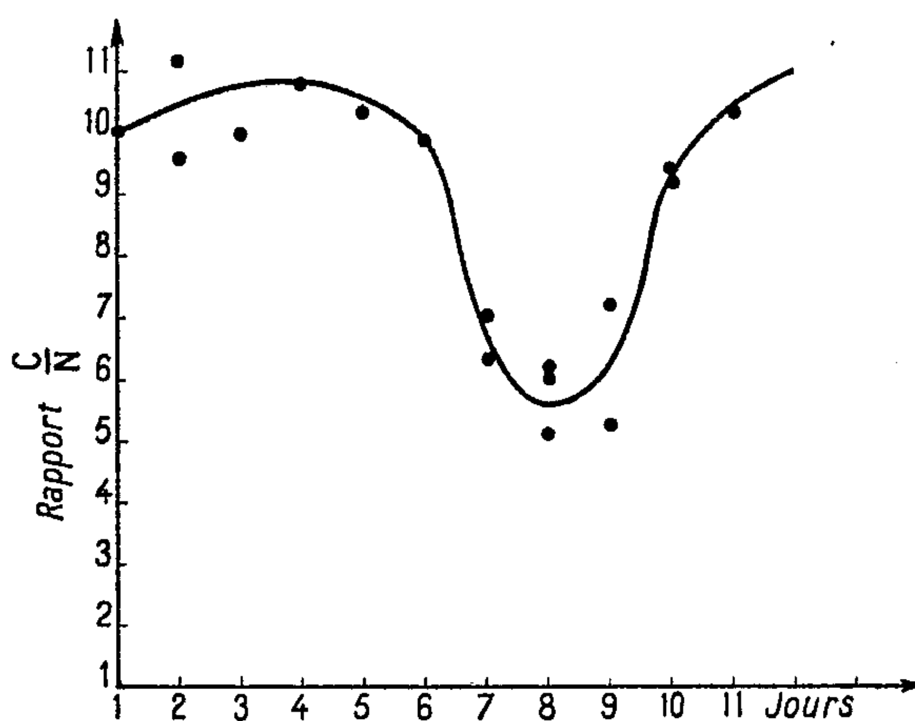


Fig. 1. — Variations du rapport C/N des *corpora cardiaca* de *Bacillus rossii* au cours du 6e âge.

On voit immédiatement que ce rapport est maximum vers le 4e jour, puis

(1) Séance du 3 février 1947.

décroît brusquement et passe par un minimum vers le 7^e^ ou 8^e^ jour; pour remonter très vite jusque la mue suivante. Pour tous les âges larvaires, on aboutit à des courbes de même type général; et l'on peut construire un diagramme d'ensemble des variations du rapport C/N de l'éclosion à l'imago (*fig.* 2).

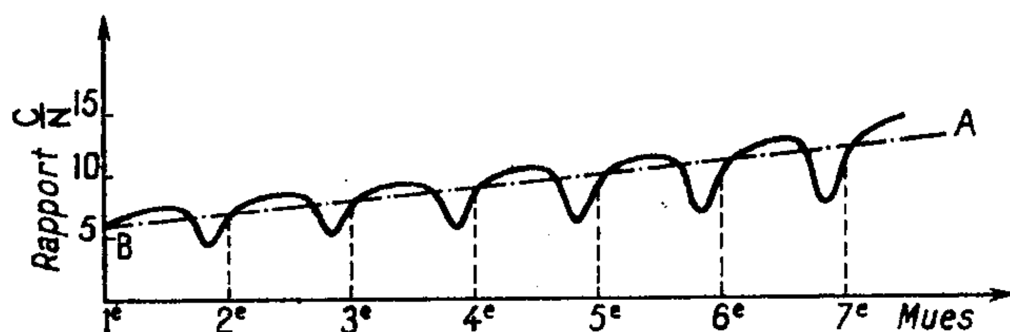


Fig. 2. — Diagramme général des variations du rapport C/N des *corpora cardiaca* de *Bacillus rossii* pendant la vie larvaire.

Ce diagramme montre des fluctuations périodiques de ce rapport, et par suite, des variations périodiques dans l'activité sécrétrice des glandes. Il met en relief aussi une sécrétion d'autant plus abondante que la larve est plus âgée; les oscillations sont plus grandes et plus relevées. Nous pouvons conclure, semble-t-il, que les *corpora cardiaca* sont des glandes à sécrétion périodique pendant toute la vie larvaire; que les périodes ont une durée d'environ 12 jours, correspondant à la durée d'une intermue; que l'activité sécrétrice est maximum vers le 4^e^-5^e^ jour de celle-ci et que le rapport C/N croît en même temps que la larve.

Si l'on applique, avec quelques variantes nécessitées par la structure des organes, la même méthode aux *corpora allata*, on constate des résultats du même ordre. La sécrétion est encore périodique. Dans un âge déterminé, le maximum se fait vers le 2^e^ jour, et il est suivi d'une chute brusque, qui mène au minimum le 3^e^ jour. Puis la valeur du rapport remonte progressivement jusqu'à la mue suivante (*fig.* 3). Il semble donc que, dans l'émission de leurs

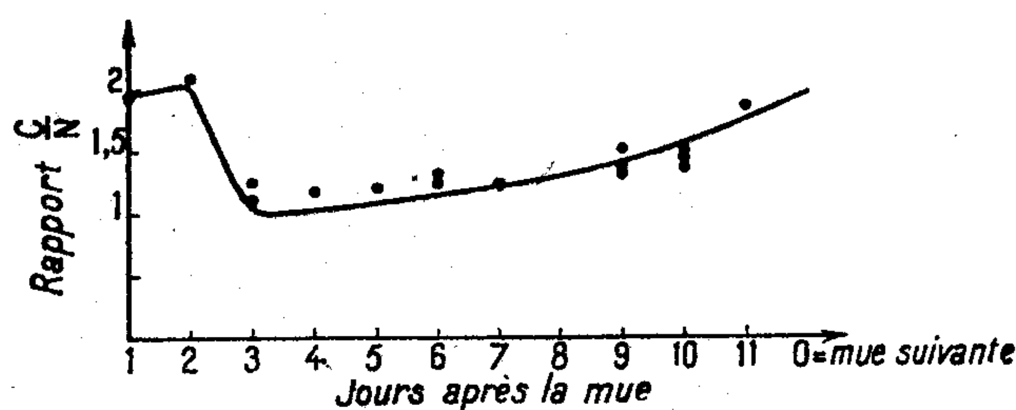


Fig. 3. — Variations du rapport C/N des *corpora allata* de *Bacillus rossii* au cours du 6^e^ âge.

produits glandulaires, les *corpora allata* sont nettement en avance sur les *corpora cardiaca*.

HISTOLOGIE. — *Histologie comparée de l'hypophyse et de la thyroïde des deux types de Rougets* : Mullus Barbatus *L. et* Mullus Surmuletus *L.* Note de M^{lle} **Madeleine Olivereau**, présentée par M. Louis Fage.

Les systématiciens distinguent deux formes de Rougets : *Mullus barbatus* L. vivant dans la vase par une profondeur de 30 à 100 mètres et *Mullus surmuletus* L. que l'on trouve dans les rochers littoraux, à quelques mètres seulement de profondeur. Ces deux formes d'une même espèce possèdent des caractères morphologiques externes différents décrits par Fage, puis Desbrosses. A cette morphologie distincte correspond-il, comme Fage et Veillet l'ont supposé [1], un fonctionnement endocrinien différent?

Remotti, ayant étudié l'activité thyroïdienne chez ces deux formes, conclut de l'aspect général de la glande à un hyperfonctionnement de celle-ci chez *Mullus barbatus*. Nous avons effectué des mesures de la hauteur épithéliale folliculaire et obtenu une moyenne de 8^{μ} pour *Mullus surmuletus* et de 11 à 12^{μ} pour *Mullus barbatus*, résultat qui confirme et complète la conclusion précédente; mais nous n'avons noté aucune différence significative dans la réaction tinctoriale de la colloïde, qui ne se trouve jamais en très grande quantité à l'intérieur des follicules et ne présente généralement pas de vacuoles de résorption incolores, habituellement attribuées à une hypersécrétion d'hormone thyréotrope.

Il semblait cependant intéressant d'étudier l'hypophyse, principale glande endocrine susceptible de provoquer cette hyperactivité et d'agir par ailleurs elle-même directement sur la croissance. Pour atteindre ce but, deux séries de quinze hypophyses, appartenant respectivement aux deux types, ont été prélevées, en dehors de la période de reproduction.

L'hypophyse se présente ici comme une glande allongée, rattachée au cerveau par deux minces tiges de névroglie, celle-ci constituant aussi le bord antéro-dorsal de l'organe en contact avec le 3^e ventricule. En arrière de cette couche névroglique s'étend une zone chromophobe dont les cellules allongées, à cytoplasme peu abondant, possèdent un chondriome assez actif principalement dans les cellules directement au contact du tissu nerveux. Au centre des massifs chromophobes découpés par la névroglie, on observe une fonte cellulaire très importante : les cellules sont réduites à la membrane protoplasmique et au noyau étiré, accolé à la paroi, fortement sidérophile, qui commence à dégénérer.

La partie chromophile du lobe antérieur renferme les trois catégories habituelles de cellules, sans localisation spéciale : les acidophiles, les basophiles et quelques petites chromophobes, que nous décrirons ultérieurement.

---

(1) *Rapp. et Proc.-verb. du Cons. intern. pour l'explorat. de la mer*, **108**, 1938, pp. 46-48.

La *pars intermedia*, composée de basophiles et de chromophobes, est très divisée par les ramifications de la neurhypophyse. La *pars nervosa*, très bien vascularisée, renferme de nombreuses masses de colloïde, signe d'une neurocrinie importante.

Dans la forme *typica* du *Mullus barbatus*, la fonte holocrine de la zone chromophobe est très accentuée et d'autant plus accusée que l'animal est plus âgé. La partie chromophile renferme en plus des acidophiles typiques finement granulées et des basophiles de taille moyenne, des grandes cellules à cytoplasme bleu vif bourrées de grains fuschinophiles qui correspondent aux amphophiles décrites dans d'autres espèces. On observe aussi une fonte holocrine très massive des basophiles qui se vacuolisent peu à peu; le cytoplasme hyalin, vitreux, disparaît progressivement, si bien que la préparation semble perforée, surtout dans le lobe antérieur et au voisinage de la *pars intermedia*. Cette dernière contient de rares acidophiles et un petit nombre d'amphophiles.

La cytologie de l'hypophyse de la forme *surmuletus* L. diffère de celle décrite ci-dessus par trois points essentiels : la raréfaction des cellules sans cytoplasme, l'absence presque totale de fonte holocrine dans les basophiles et la disparition des amphophiles. Comme distinctions secondaires, signalons que l'holocrinie de la partie chromophobe est moins intense, que les acidophiles de la zone chromophile sont plus vivement colorées, les basophiles de la *pars intermedia* plus sombres et les amas colloïdaux de la *pars nervosa* plus abondants que chez *Mullus barbatus*.

En résumé, *Mullus barbatus* L. se distingue très nettement de *Mullus surmuletus* L. par les caractères cytologiques hypophysaires suivants : présence de grosses amphophiles, fonte holocrine massive des basophiles, vacuolisation des cellules chromophobes et chromophiles, et par une hyperactivité thyroïdienne.

Comme chez les Poissons, les Amphophiles ne sont représentées que dans un nombre d'espèces assez réduit, il nous semble difficile de leur imputer la sécrétion de l'hormone thyréotrope; il paraît plus rationnel d'attribuer cette sécrétion aux basophiles, étant donnés les travaux antérieurs effectués dans diverses classes de Vertébrés; nous ne pouvons cependant encore être affirmatif. Il se peut toutefois que les amphophiles, par perte des granulations fuschinophiles, se transforment en basophiles, subissant alors cette dégénérescence colloïde qui aboutit à la formation des cellules lysées bien plus abondantes chez le Rouget du large.

On peut enfin se demander si ces différences de fonctionnement endocrinien constituent des facteurs primaires des différences morphologiques et des localisations géographiques distinctes, ou si ce sont au contraire ces dernières qui agissent sur la croissance des diverses parties du corps par des relais endo-

criniens. Les travaux de Schwarz [2] sur les Batraciens, selon lesquels la vie du têtard sur fond de vase serait particulièrement favorable à l'hyperfonctionnement thyroïdien, constituent une donnée favorable à cette hypothèse.

BIOLOGIE. — *Déhiscence et maturation* in vitro *des œufs ovariens chez* Rana nigromaculata *et* Bufo asiaticus. Note de M. **Tchou-Su**, transmise par M. Eugène Bataillon.

S'il est facile de provoquer en plein hiver la ponte prématurée chez les Batraciens par injection de l'hormone pituitaire antérieure, la possibilité de l'ovulation *in vitro*, même par immersion des fragments d'ovaire dans l'extrait glandulaire, reste contestée. Guidé par le rôle de l'osmose en parthénogénèse et par l'hypertension manifeste des œufs vierges au contact de l'eau pendant toute la période d'immaturité, nous avons cherché dans cette voie des actions osmotiques la solution du problème.

L'idée fut contrôlée d'abord sur des fragments d'ovaire de *Rana nigromaculata*. Après un passage de 60 à 90 minutes dans l'eau distillée (à une température de 18°C.) qui provoque l'ovulation, le matériel est porté pendant deux ou trois heures dans NaCl à 12 pour 1000.

A part quelques œufs cytolysés dans l'eau distillée, la grande majorité des autres entrent en activité, soulevant leur membrane; et, après quelques heures, une tache noirâtre, centrée sur une aire claire, marque leur région polaire. Là où cette tache n'apparaît pas, une large zone jaunâtre la remplace; c'est le niveau de la vésicule germinative, que la microdissection isole sans difficulté.

C'est sur les tachetés (les plus nombreux) que l'étude cytologique décèle le premier fuseau polaire anastral : au bout de neuf heures, il est orienté avec ses couples chromosomiques en oiselets ou en croix. Mais tout s'arrête là. Le polocyte n'est point émis et la deuxième cinése maturatrice n'apparaît pas.

Ovulation et maturation in vitro, *mais maturation partielle* : *tel est le résultat de l'opération.*

Les œufs de *Bufo asiaticus* sont autrement fragiles que ceux de *Rana nigromaculata* et, déhiscés par le même séjour dans l'eau distillée, sont impropres à l'expérience.

Nous nous astreignons donc d'abord à les libérer mécaniquement de l'ovaire avec deux pinces fines, en les transportant un à un dans le liquide de Ringer où ils se conservent très bien pendant une journée. Avec un peu d'habitude nous en libérons 50 à l'heure.

Les œufs ne passent que 4 à 7 minutes dans l'eau distillée et, après 2 à 3 heures dans NaCl à 12 pour 1000, retournent au liquide de Ringer.

---

(2) *Arch. f. Entwick. Mech.*, **140**, 1940, pp. 710-740.

Au bout de 7 à 10 heures, l'énorme lacune qui indique la vésicule germinative émigre vers la surface et se réduit en se vidant, pour ne laisser que sa tache polaire; à ce niveau la membrane est bien détachée. Quelques œufs conservent leur vésicule que nous isolons facilement. Mais nos fixations après 22 heures ou 44 heures nous revèlent encore (pour la grande majorité) l'arrêt définitif en métaphase de la première mitose maturatrice (le fuseau est quelquefois dédoublé, mais sur les deux nous ne comptons au total que les 11 couples chromosomiques).

Les œufs déhiscés mécaniquement se comportent en somme comme ceux de Grenouille libérés par l'hypotonie. Leur maturation est restée partielle et sans émission de polocyte.

Deux nouvelles tentatives s'imposaient : accentuer l'action de nos deux traitements (celle de l'eau distillée sans atteindre la durée cytolysante; celle du sel, en forçant la concentration); et puis prouver, par l'emploi des sucres conjointement avec NaCl, que notre deuxième milieu agit par sa pression osmotique.

Des fragments d'ovaire de *Bufo asiaticus* sont donc traités d'abord uniformément par l'eau distillée pendant 20 minutes. Mais pour le second traitement, ils sont répartis en trois lots et, pour la même durée de 3 heures, immergés respectivement dans NaCl à 18 pour 1000, dans le saccharose et le glucose à N/4 ou N/8 (t. 18°C.). Les trois lots font ensuite retour au Ringer.

Dans ces trois conditions différentes les résultats sont comparables. *C'est bien la pression osmotique qui est en cause.* Mais la maturation reste déficiente. Nous retombons toujours sur la première mitose polaire anastrale qui prédomine, quelquefois entourée encore d'un aster périfusorial; il y a aussi, souvent, le monaster polaire, des fuseaux multiples immergés plus ou moins dans le plasma. Mais il faut signaler (dans le lot au saccharose) le cas exceptionnel d'un œuf clivé régulièrement en 8, avec une lacune centrale (véritable ébauche de cavité blastulaire). Cet œuf n'ayant pas rejeté son polocyte, nous attribuons son clivage, comme les anomalies relevées dans la profondeur, à l'activité de la cinèse polaire immergée. Ce cas unique est intéressant; il laisse entrevoir la possibilité chez les Anoures d'une parthénogénèse prématurée comme celle qui a été réalisée sur les œufs d'Urechis par l'hypotonie.

Mais, dans l'ensemble des expériences qui précèdent, la maturation observée s'arrêtait toujours sur la première mitose polaire figée.

C'est alors que nous vint l'idée de soumettre *deux fois consécutives* nos fragments ovariens de *Bufo* au même traitement : eau distillée 20 minutes; solution saline 3 heures à 4 heures, Ringer 18 heures; eau distillée 10 à 20 minutes; solution saline 1 à 2 heures. Avec ce traitement double, nous arrivons à la deuxième métaphase polaire, à la *maturation totale et parfaite* de nos œufs dans la proportion de 50 %. L'arrêt au stade de la vésicule germinative à 7 % : pour le surplus, c'est la première figure anastrale figée des expériences antérieures :

tout œil exercé distingue sans peine la deuxième cinèse de la première. Et puis, le globule rejeté dans son encoche est un critère certain de maturation complète.

Comme les œufs au cyanure, ces œufs mûris sans gangue sont réfractaires à la fécondation par le sperme, mais aptes à la parthénogénèse par inoculation.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Glandes accessoires mâles induites chez le Singe femelle.* Note (¹) de Mme **Véra Dantchakoff** (²), présentée par M. Maurice Caullery.

Me basant sur mon expérience, je prévoyais qu'un examen microscopique des organes génitaux internes d'un singe femelle, traité à un stade embryonnaire précoce par la testostérone, révélerait des effets morphogènes étendus. Il me paraissait important d'établir : 1° dans quelle mesure l'histogénèse du Singe est analogue à celle des autres Mammifères; 2° quels sont les facteurs histogènes actifs dans le développement des organes sexuels des Primates et 3° si, vis-à-vis de la même substance active, les ébauches des organes sexuels, chez les différents Mammifères, agiraient de la même manière. Une réponse affirmative à cette troisième question légitimerait l'extension aux Primates des résultats expérimentaux obtenus chez le Cobaye, le Rat et la Souris.

Le jeune embryon femelle testostérinisé a manifesté les effets histogènes de l'hormone introduite, antagoniste de son déterminisme génétique. Rappelons tout d'abord, que les jeunes embryons de sexe quelconque possèdent (à la suite d'une mise en place d'une dotation cytoplasmique semblable dans les deux sexes) des ébauches sexuelles analogues. Parmi ces diverses ébauches sexuelles, les unes franchement doubles et spécifiques, les autres uniques et essentiellement plastiques, l'embryon possède des tissus à potentialités qui, réalisées dans un sexe seulement, restent latentes dans l'autre ; telle l'ébauche de la prostate; les ébauches des glandes uréthrales subissent, dans les deux sexes, un développement différentiel et deviennent, chez le mâle, les glandes de Cowper et chez la femelle, les glandes de Bartolini.

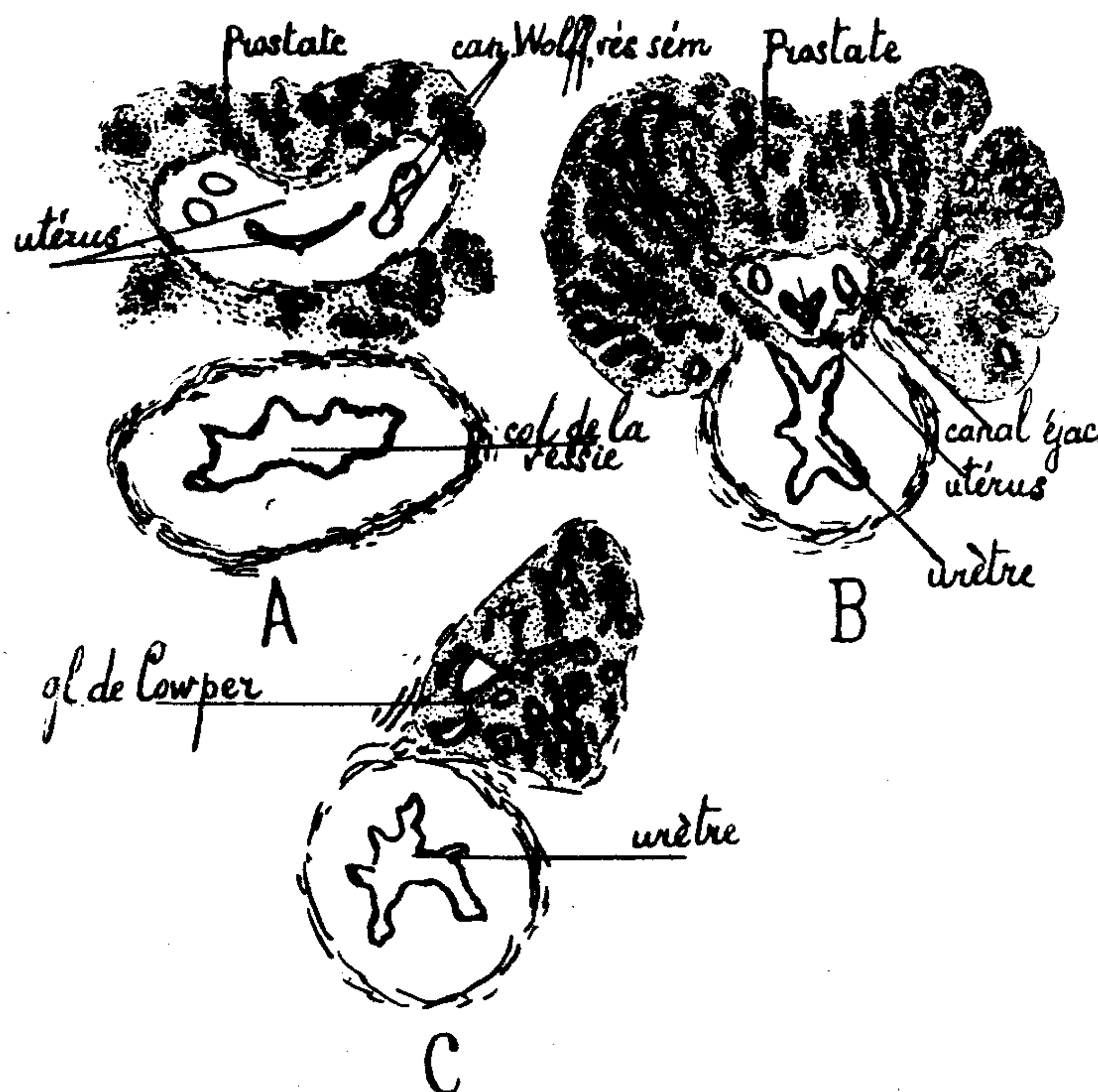
J'ai montré précédement que des embryons femelles de Cobaye soumis à l'hormone mâle, édifient des prostates et des glandes de Cowper fonctionnelles. En est-il de même chez le Singe?

L'hormone mâle stimule, chez l'embryon femelle, l'édification des glandes sécrétoires du tractus génital normalement propres aux mâles, soit la prostate (*fig.* A et B.) et les glandes de Cowper (*fig.* C.). La prostate, dont les tubules richement ramifiés se dirigent plus particulièrement dans la direction dorso-latérale, inclut l'extrémité caudale de l'utérus.

(¹) Séance du 10 février 1947.

(²) Les expériences sur le Singe ont été effectuées à la Station Biologique de l'Académie de Médecine, au Caucase, en U. R. S. S. Les contrôles histologiques ont eu lieu à Lausanne, où j'ai profité de l'hospitalité des Instituts de Pathologie et de Zoologie.

Les conduits multiples des glandes prostatiques débouchent dans l'urèthre; l'extrémité caudale de l'utérus, traversé par les canaux éjaculateurs,



s'adosse à l'urèthre et leurs deux épithéliums se confondent, alors que les canaux éjaculateurs débouchent séparément dans l'urèthre. Il n'y pas trace de vagin.

La figure C représente la glande gauche de Cowper, induite chez la femelle du Singe et semblable à celle du mâle. Elle se trouve dans un état fonctionnel précoce et une sécrétion abondante distend les branches de la glande.

L'urèthre mâle est, sur tout son trajet post-pelvique, enveloppé d'un tissu caverneux, et accompagné d'un corps cylindrique, le corps spongieux. Le gland du pénis est entouré d'un capuchon préputial profond, qui se rabat autour de l'urèthre, renforcé sur ses faces latéro-dorsales par un épaississement du tissu caverneux. Un petit bouchon épithélial semble obstruer l'orifice du pénis, qui cependant, laisse passer librement l'urine.

L'hormone mâle atteint ainsi tous les tissus réceptifs et évoque des réactions parfaitement identiques à celles qui, dans le sexe mâle, sont dictées par le déterminisme génétique correspondant. Ces résultats ne nous indiquent-ils pas que l'édification de ces organes, spontanée chez le mâle génétique, induite sous l'influence hormonale chez la femelle, se fait à partir d'un dynamisme chimique commun ? Et qu'il n'y a pas lieu d'imaginer l'existence, chez le mâle génétique, de substances embryonnaires hypothétiques, chimiquement différentes des hormones adultes.

EMBRYOGÉNIE. — *Variations de la perméabilité à l'eau de l'œuf fécondé d'Oursin, aux stades de la première mitose de segmentation.* Note ([1]) de M. **Christian Mettetal**, transmise par M. Paul Wintrebert.

Les recherches de R. S. Lillie (1916 à 1918), confirmées et précisées par Lucké, Hartline et Mc Cutcheon (1926 à 1939), ont montré que la perméabilité à l'eau de l'œuf d'Oursin (*Arbacia punctulata*) quadruple dans les 20 minutes qui suivent l'insémination. Maxia (1934) a observé le même phénomène chez *Paracentrotus lividus* ([2]). La loi qui gouverne cet accroissement n'a pas été précisée et nous ne possédons aucun renseignement sur la valeur de la perméabilité après que la vitesse quadruple est atteinte.

Pour combler, en partie, ces lacunes, j'ai étudié la perméabilité à l'eau de l'œuf de *Paracentrotus lividus* Lk. pendant la période qui s'étend de l'insémination à l'apparition du premier sillon de segmentation. Des œufs inséminés, depuis un temps connu, sont portés dans de l'eau de mer diluée par addition d'une quantité égale d'eau douce; on choisit l'un d'eux pour suivre son accroissement. Cette méthode de mesure, effectuée sur l'œuf vivant, donne des résultats isolés, où interviennent des variations individuelles. Cependant les expériences démontrent, toutes, que la perméabilité augmente après la fécondation, passe par un maximum, puis décroît rapidement, juste avant la première division du cytoplasme.

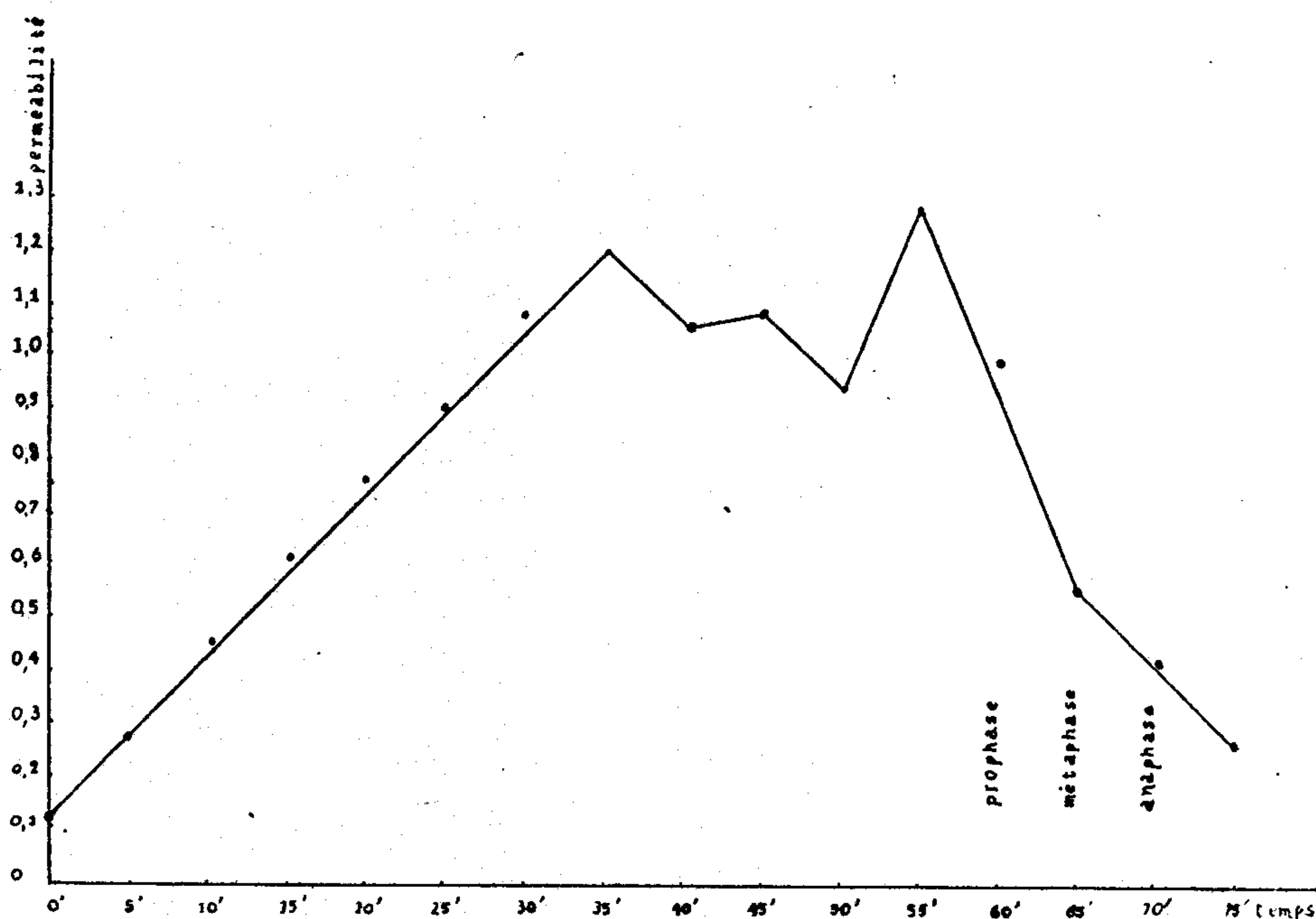
Afin de préciser ce premier résultat et après avoir vérifié que les œufs tués par les vapeurs d'acide osmique conservent exactement le volume qu'ils avaient au moment de la fixation, j'ai réussi à éliminer les variations individuelles par l'examen d'un grand nombre d'œufs, parvenus à une même étape, dans des conditions identiques. Le tableau ci-contre donne les résultats d'une telle expérience, effectuée à T + 21° C. Des œufs d'une même ponte sont répartis en lots, portés dans l'eau de mer diluée à 50 %, les uns avant l'insémination, les autres de 5 en 5 minutes après elle. Les œufs sont fixés après un séjour de 3 minutes dans le milieu hypotonique. Le diamètre des œufs vierges de la même ponte, mesuré lorsque l'équilibre osmotique est atteint, est de 120μ (moyenne de 50 œufs). Dans ce tableau, la perméabilité est exprimée en μ^3 d'eau pénétrant dans l'œuf par μ^2 de surface, en une minute, pour une différence de pression osmotique d'une atmosphère; elle est calculée au moyen de l'équation établie par Lucké, Hartline et Mc Cutcheon (1931).

([1]) Séance du 6 janvier 1947.

([2]) Voir, pour la bibliographie, Lucké, *Cold Spring Harbor symposia on quantitative biology*, 8, 1940, p. 123.

Stade.	Temps (en min.) après l'insémination à T. + 21°C.	Diamètre en μ (moyenne de 50 œufs).	Perméabilité à l'eau.
Œuf vierge....................	0	101,8	0,12
Œuf fécondé.................	5	107,4	0,27
	10	111,4	0,45
Noyaux en contact.............	15	114,3	0,62
	20	115,4	0,76
Fusion des noyaux.............	25	116,5	0,90
	30	117,5	1,08
	35	118,0	1,20
	40	117,35	1,06
	45	117,6	1,08
	50	116,5	0,90
	55	118,35	1,29
Prophase......................	60	117,05	0,99
Métaphase....................	65	113,35	0,57
Anaphase.....................	70	111,1	0,43
	75	107,4	0,27
Division cytoplasmique........	80		

Ces résultats sont exprimés graphiquement dans la figure suivante. On y voit



Courbe des variations de perméabilité à l'eau de l'œuf d'Oursin, de l'insémination au stade 2

que la perméabilité à l'eau croît, avec une vitesse constante, pendant les 35 minutes qui suivent l'insémination; elle diminue ensuite légèrement jusqu'à la 50e minute, puis croît de nouveau jusqu'à un second maximum qui est atteint 55 minutes après l'insémination. La perméabilité diminue ensuite très rapidement et atteint, juste avant l'apparition du premier sillon de segmen-

tation, une valeur égale à celle observée 5 minutes après l'insémination. Le fait que le début de la période de décroissance coïncide avec la prophase de la mitose montre que les variations de la perméabilité à l'eau ont un rapport certain avec la division nucléaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'évolution des glucides du tubercule de Topinambour durant un cycle annuel complet.* Note de M. **Pinchos Hanower.**

L'évolution des glucides des tubercules de Topinambour a fait l'objet de nombreuses recherches, notamment de H. Colin (1), Joseph Lefèvre (1942) et Lemoigne (2). Toutefois, on s'est surtout préoccupé des transformations qui s'accomplissent dans le tubercule pendant l'automne et l'hiver jusqu'à la reprise de la végétation. On ne connaît que peu de chose sur la période de formation même des tubercules, ainsi que sur la période de leur germination. Il y avait là une lacune à combler.

A cette fin, nous avons mis en culture diverses variétés dans le terrain d'essai de la chaire d'Agriculture du Conservatoire National des Arts et Métiers, à Colombes. Les résultats qui suivent se rapportent uniquement à la variété *Moscou*. Les prélèvements des plus jeunes tubercules ont été effectués dès le mois de juillet et ont continué jusqu'à la récolte en décembre. Pendant la période de conservation, les tubercules ont été placés dans du sable humide, à l'obscurité, à une température presque constante de 10-12°C. dans les caves de l'Observatoire, où ils ont commencé à germer vers le début d'avril. En juin, les prélèvements ont cessé, les tubercules étant alors flétris, mais encore loin d'être vides, et ayant émis de longues pousses étiolées. Seuls les tubercules ont été soumis à l'analyse à l'exclusion complète des racines et des germes dès qu'ils sont apparents.

Les analyses ont été effectuées par les méthodes classiques employées notamment par H. Colin et H. Belval. Dans le tableau ci-contre, $(\alpha_1)_D$ est le pouvoir rotatoire moyen des glucides; R est le sucre réducteur initial; S désigne tout ce qui s'hydrolyse en trois heures sous l'action d'une sucrase active obtenue par purification de levure de boulangerie, c'est-à-dire la totalité du saccharose avec la petite quantité de synanthrine que la sucrase hydrolise comme le saccharose, mais beaucoup plus lentement; enfin, I représente la masse des fructosanes obtenue par action des acides dilués à chaud, c'est-à-dire l'inuline et ses satellites. Les résultats ont été calculés pour 100 parties de matière sèche.

(1) *Rev. Gén. de Bot.*, **31** 1919, p. 75.
(2) Lemoigne, *Ann. des Ferment.*, 6, 1941, p. 193.

Topinambour variété Moscou.

Date.	Poids sec (%).	$[\alpha_1]_D$.	R_1.	S.	I.
25 juillet.......	27,7	— 22°	2,67	2,79	64,76
23 septembre...	22,9	— 24	–	4,36	64,89
24 octobre......	23,9	— 20	–	4,93	71,93
10 novembre....	26,0	— 6	–	7,84	65,53
28 décembre....	27,1	+ 7	–	16,73	55,4
15 mai.........	19,2	— 6	6,76	11,04	59,54
11 juin.........	20,0	— 13	9,15	10,25	50,4

On remarque ainsi qu'en juillet, alors que le tubercule est en formation, le réducteur est aussi largement représenté que le saccharose. Comme lorsque le tubercule aura atteint sa pleine maturité, on ne trouvera plus que des traces d'hexoses, tout porte à croire que c'est principalement sous cette forme éminemment mobile que les glucides parviennent à l'organe de réserve.

D'autre part, de septembre à décembre, on voit la teneur en saccharose croître régulièrement aux dépens des fructosanes, tandis que le pouvoir rotatoire, surtout à partir de la floraison, tend vers o et devient même ici positif. C'est cette évolution dont la suite en automne et au début de l'hiver avait fait l'objet des principales observations antérieures.

Mais au printemps, un nouveau phénomène intervient : le pouvoir rotatoire redevient lévogyre; tous les sucres sont mobilisés pour le développement des germes : la teneur en fructosanes diminue de même que celle du saccharose. Par contre, la proportion du réducteur devient notable alors qu'elle était nulle auparavant, elle atteint presque celle du saccharose. Il est bien probable que c'est sous cette forme de sucre simple que l'inuline est utilisée après s'être au préalable transformée en saccharose. Ces phénomènes s'accentuent à la fin de la période de germination du tubercule.

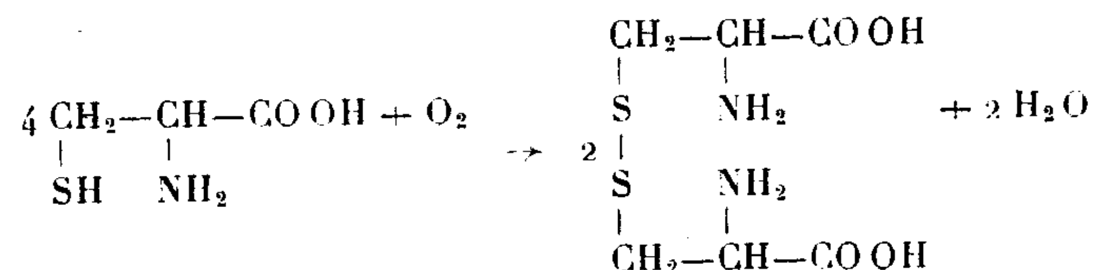
Ainsi s'achève le cycle du développement des tubercules, au cours duquel les hexoses semblent jouer un rôle de premier plan, puisqu'on les trouve aussi bien lors de la synthèse de l'inuline qu'au moment de son utilisation par les nouveaux tissus. A cet égard, toutes les variétés se comportent de la même façon.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'oxydation de la cystéine par la laccase.* Note de M. **Didier Bertrand**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La cytochrome-oxydase, d'une découverte relativement récente, est la seule oxydase, capable avec la laccase, d'une connaissance beaucoup plus ancienne, à pouvoir oxyder les *p*-diphénols et *p*-phénylènediamines. La découverte de l'activité cytochrome-oxydasique de la laccase ([1]) vient de rapprocher ces deux diastases qui dans leurs possibilités connues ne différaient plus que par leur action sur la cystéine. Cette substance oxydable par la cytochrome-oxydase n'avait pas, jusqu'ici, été reconnue comme l'étant par la laccase.

([1]) Didier Bertrand, H. Belval et M^lle G. Legrand; *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1189, et Erratum, **224**, 1947, p. 307.

Or, en partant d'une laccase du latex de l'arbre à laque bien purifiée, il est facile de montrer micromanométriquement, avec un appareil de Warburg, que la cystéine est oxydée tout au moins à pH 7,45 suivant l'équation



correspondant à une transformation quantitative de la cystéine en cystine (oxygène absorbé par milligramme de chlorhydrate de cystéine 35^{mm^3},7, calculé 35,5).

Le fait que la cystéine soit oxydée *en cystine* est généralement admis, mais sans que l'on en ait donné la preuve, pas notamment dans le cas de l'intervention des métaux lourds. Dans le cas de l'oxydation par la laccase, j'ai obtenu une preuve directe de cette transformation en partant d'une solution M/50 de *l*-cystéine. La *l*-cystine formée n'est pas en effet complètement soluble dans ces conditions opératoires, à une concentration de M/100 et l'excès précipite en cristaux hexagonaux caractéristiques.

En prenant pour Q_{O_2} le nombre de millimètres cubes d'oxygène absorbés en une heure pour la préparation contenant la laccase, diminué de celui absorbé dans le même temps par la préparation faite avec de la laccase inactivée par chauffage, on élimine toute oxydation non diastasique. Cette précaution est indispensable étant donné la facile oxydation, bien connue, de la cystéine par les métaux lourds, spécialement par le cuivre et par le fer ([2]). La laccase utilisée contenait pour un Q_{O_2} d'un peu plus de 70 000 avec la *p*-phénylènediamine à pH 6,25 environ 0,15 % de Mn, 0,03 % de Cu et pas de fer décelable ([3]).

Le Q_{O_2} varie beaucoup en fonction du pH et présente deux maxima, l'un à 6,7 et l'autre à 7,45.

L'influence du pyrophosphate de sodium vient encore rapprocher du mode d'action de la laccase celui que Keilin ([4]) avait observé dans les mêmes conditions pour la cytochrome-oxydase. Pour des concentrations en pyrophosphate comprises entre 0,003 M et 0,1 M, le Q_{O_2} est considérablement augmenté à pH 7,45. Par contre, la laccase n'a plus d'action à pH 6,7, et il apparaît un nouveau maximum secondaire à 6,93. Avec 0,2 M de pyrophosphate de sodium l'oxydation de la cystéine par la laccase, comme par la cytochrome-oxydase, est fortement inhibée. Cette action du pyrophosphate porte à la fois sur la cystéine et sur la laccase et n'est pas en faveur du fait que la co-laccase puisse être du cuivre, comme Keilin l'avait supposé ([5]). En effet l'oxydation de la

([2]) WARBURG, *Biochem. Z.*, **187**, 1927, p. 255.
([3]) Des détails complémentaires seront donnés dans une autre publication.
([4]) *Proc. Royal Soc.*, B, **106**, 1930, p. 418.
([5]) *Nature*, **143**, 1939, p. 23.

cystéine par le cuivre à pH 7,45 n'est pas inhibée pour 0,2 M de pyrophosphate, alors que l'inhibition de la laccase (mise en évidence par l'oxydation de l'hydroquinone) commence dès 0,01 M et croît avec la concentration en pyrophosphate. Le fait suivant vient renforcer cette opinion : à pH 6,7, alors que la pyridine en excès bloque l'oxydation de l'acide ascorbique par le cuivre, elle ne change pas l'activité de la laccase sur cette substance.

En conclusion : la laccase oxyde *in vitro* la cystéine en cystine dans des conditions de milieu qui viennent encore rapprocher les caractères communs déjà connus existant entre la cytochrome-oxydase et cette diastase. Ces conditions sont opposées à la nature exclusivement cuprique supposée par Keilin et Mann, de la co-laccase. Les préparations de laccase utilisées par moi sont par ailleurs environ 660 fois plus actives que le cuivre si l'on se base sur les quantités de ce métal qu'elles renferment encore.

Les faits rapportés plus haut éliminent l'hypothèse suivant laquelle les oxydations observées seraient dues à une impureté métallique des préparations.

BACTÉRIOLOGIE. — *Étude de l'action des différentes concentrations de glycérine en solution aqueuse, sur le développement du Bacille tuberculeux.* Note de MM. **Auguste Sartory** et **Jacques Meyer**.

Dans un travail antérieur (¹) nous avons pu observer, en présence de la lipase pancréatique, la modification morphologique de nos souches de bacille tuberculeux. Nous constations que le milieu limite ayant permis encore la croissance de la bactérie et présentant au maximum le phénomène de la perte de l'acido-résistance était le suivant :

Jus de pommes de terre glycériné	50,0
Extrait de lipase pancréatique	50,0

Notre extrait de lipase pancréatique renferme :

Glycérine	40 %
Ammoniaque	3
Solution de sulfate disodique	57

Étant donné que l'on ne peut pas admettre *a priori* que la faible dose d'ammoniaque ou de phosphate disodique peuvent intervenir dans le processus de la modification morphologique du bacille de Koch, nous avons pensé qu'il s'agirait plutôt de la forte proportion de glycérine qui, peut-être, même par son action d'antiseptique, devait intervenir comme cause du phénomène observé.

A la suite de ce raisonnement nous avons repris notre expérimentation au moyen d'une série de 7 tubes de culture disposés de la façon suivante :

(¹) A. Sartory, J. Meyer et J. Lange, *Influence des lipases pancréatiques sur les propriétés morphologiques et culturales des bacilles acido-résistants* (*Bull. Acad. Méd.*, 7 janvier 1947).

Tube n°.	Jus de Pommes de terre.	Extrait lipasique.	Glycérine.	NH_4-phosphate.	Eau distillée.
1...........	6cm³	4cm³	–	–	–
2...........	5	5	–	–	–
3...........	6	–	1,6	–	2,4
4...........	5	–	2,0	–	3,0
5...........	6	–	–	1,6	2,4
6...........	5	–	–	2,0	3,0
7...........	10	–	–	–	–

De cette façon il nous a été donné de contrôler l'influence de chaque composant du milieu sur la croissance et la morphologie de notre bactérie.

Dans les tubes 5 et 6 le développement était sensiblement égal à celui du tube témoin. A l'examen microscopique aucune modification morphologique n'était à noter.

Il en était tout autrement des tubes 3 et 4 ne contenant que de la glycérine à la même concentration que celle du milieu lipasique. En effet, la vitesse de croissance et l'aspect cultural de ces 2 tubes étaient sensiblement comparables à ceux des tubes 1 et 2, contenant l'extrait lipasique glycériné.

A l'examen microscopique les cultures en milieu glycériné pur (tubes 3 et 4) montraient un aspect morphologique de nos bacilles tuberculeux absolument comparable à celui des cultures en milieu lipasique (tube 1 et 2). Nous avons ainsi pu constater dans les cultures âgées de 10 et 15 jours une forte proportion de bâtonnets plus ou moins filamenteux, strictement cyanophiles à la coloration de Ziehl-Neelsen.

Ce fait semble donc parler nettement en faveur de l'intervention de la glycérine comme facteur modificateur de la propriété d'acido-alcoolo-résistance.

Pour contrôler l'importance de la glycérine dans ce phénomène, nous avons repris nos essais sur la stabilité des formes d'involution en deux séries de cultures par 25 repiquages successifs. Là aussi les résultats étaient absolument comparables, car nous n'avons pu constater aucune fixation des caractères de a non-acido-résistance acquise au cours du développement sur milieu glycériné jusqu'à 23 %.

A la suite de ces constatations et vu l'absence de toute action lipolytique sur le bacille de Koch à l'état de vie ralentie, nous nous croyons en droit de conclure que la lipase pancréatique est incapable d'hydrolyser les matières grasses et cireuses du B. K. Vallée tant que ces dernières sont fixées sur le corps bacillaire vivant.

A 15h35m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 MARS 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes Chers Confrères,

Notre Confrère **Léon Bertrand** est décédé lundi dernier 24 février, dans sa soixante-dix-huitième année; après avoir supporté sans défaillance une congestion pulmonaire qui l'éloigna durant deux semaines de nos séances, il continua, insouciant, à classer de nombreux dossiers; il n'a pu résister à une intoxication urémique extrêmement douloureuse. J'ai vu mon vieux maître entouré de M^{me} Léon Bertrand-Bassot, de ses enfants et petits-enfants, à qui j'ai présenté les condoléances de notre Compagnie; un visage calme, détendu, au repos, faisait un contraste douloureux avec l'image mobile et sympathique du Collègue qui, à la rencontre d'un des nôtres ou d'un de ses élèves, souriait, s'agitait avec les transports d'une cordiale bienvenue.

Reçu à 17 ans (1886) à l'École Polytechnique et à l'École Normale de la rue d'Ulm, licencié ès sciences mathématiques, physiques et naturelles, agrégé en 1890, il fut boursier du Muséum auprès du Paléontologiste philosophe Albert Gaudry et fit une étude des Crustacés fossiles du bassin de Paris sous la direction de Paul Fischer; presque aussitôt, avec le printemps, il reprit ses observations sur le terrain, initié dans cette difficile technique par le savant spécialiste Munier-Chalmas capable de donner le nom correct de l'animal dont on lui présentait un fragment de coquille. Chargé des Conférences de Pétrographie à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris (1893), il consacra tous ses étés, de 1891 à 1898, à l'étude géologique et cartographique d'une région presque inconnue, le Nord des Alpes-Maritimes, sujet d'une Thèse de Doctorat, travail remarquable, apprécié par ses juges en Sorbonne qui le firent nommer Maître de Conférences de Pétrographie, et surtout par Auguste Michel-Lévy, alors Directeur du Service de la Carte géologique de France. Collaborateur principal de ce service en 1900, il venait d'être nommé professeur de géologie à la Faculté des Sciences de Toulouse (1899). A 30 ans, le jeune normalien avait toutes les charges de la carrière; Membre du Conseil de la Société géolo-

gique de France, il provoquait des Réunions extraordinaires en 1902 dans les Alpes-Maritimes, en 1906 dans les Hautes-Pyrénées.

Une succession d'études approfondies de Paléontologie, de Stratigraphie tectonique avec Cartes géologiques (feuilles de Saint-Martin de Vésubie, de Nice et de Menton, de Digne, du Var inférieur, puis de Bagnères-de-Luchon, de Prades, Quillan, l'Hospitalet, Foix) en fit durant vingt années le géologue le mieux documenté sur ces zones disloquées par les soulèvements des Alpes et des Pyrénées françaises.

Avant tout, Léon Bertrand était pétrographe. Albert Michel-Lévy le désigna en 1907, puis en 1910 pour le suppléer dans une partie de son enseignement au Collège de France.

Il était chimiste et dirigeait, en 1912, les études de Michel Longchambon dans ses nombreuses analyses des roches secondaires métamorphisées du Nord pyrénéen.

Et surtout par la préparation de l'Agrégation à l'École normale, par les relations créées au Service de la Carte avec Marcel Bertrand, le brillant Professeur de l'École des Mines, il était de longue date le représentant en France des concepts de Géologie générale suggérés par le copieux Ouvrage *Der Anlitz der Erde* de notre Associé Edward Suess qu'il me fit lire dans le texte original. Cette orientation pédagogique lui fait écrire de remarquables études sur les nappes de charriage dans la formation des chaînes de montagne (1908), des éditions nouvelles et rectifiées de la Carte Géologique de la France au millionième et, pour l'illustrer de documents précis, des Ouvrages : *Les anciennes mers de France*, l'*Histoire de la formation du Sous-sol de la France*, illustrée, dont les deux volumes parus en 1945 et 1946 sous le titre *Histoire géologique du Sol français* sont une révision consciencieuse à laquelle il travaillait encore à la veille de sa mort.

Mais j'ai hâte de vous faire connaître l'homme et ses qualités natives. *L'emploi du microscope polarisant*, publié avec Marcel Roubault, est une œuvre bien française, rédigée après *La Science des Roches*, traduction annotée et complétée par Léon Bertrand du *Gesteinskunde* de F. Rinne. En octobre 1903, Frédéric Wallerant est nommé Professeur de Minéralogie à la Sorbonne. M. Léon Bertrand le remplace dans l'enseignement et les laboratoires de l'École Normale; j'étais botaniste et génétiste convaincu, il m'accepta comme Agrégé préparateur. C'était l'heure des mutations! Dans la salle des conférences qui était celle des travaux pratiques, je fis la connaissance de mon chef de service et, avec lui durant des semaines, mis en désordre, pour un ordre nouveau, des centaines de tiroirs renfermant chacun plusieurs douzaines de boîtes à fossiles ou à préparations microscopiques de roches. En quelques heures la confiance naît, puis se traduit en camaraderie intime; mais dans la réinstallation, la plus lourde besogne fut le lot de mon aîné. Il s'aperçut bien vite que l'élève du savant Dufet en minéralogie théorique n'était pas à l'aise

dans l'examen des roches de la nature et il me fit profiter de leçons particulières gratuites. Bien plus, lorsqu'en janvier 1904 j'obtins une mission d'études à Copenhague, auprès de W. F. Johannsen et E. Warming, à Svalof, en Suède, auprès de N. H. Nilsson, M. Léon Bertrand assura sans réserve le service de l'agrégé préparateur en promenade; il y prit goût et à mon retour, me demanda presque comme une faveur de continuer à démontrer les subtilités de l'analyse des coupes minces de roches volcaniques ou métamorphysées. Depuis, la Salle du Professeur fut et resta salle commune.

C'est ainsi que Michel Longchambon devint le collaborateur chimiste, Maurice Roubault l'adjoint minéralogiste, Pierre Viennot le géologue stratigraphe, puis le pétrolier avec Louis Barrabé; Viennot explora l'Iraq et, plus tard, André Rivière le Turkestan. Ces jeunes hommes, Longchambon professeur de minéralogie à la Faculté des Sciences de Lyon, Viennot décédé en 1931, tous ces Élèves furent ou sont des maîtres dans l'Université de Paris, où Léon Bertrand créa et rendit féconde la Chaire de Géologie structurale et appliquée. Parallèlement il enseignait à vingt promotions d'Ingénieurs de l'École Centrale la Géologie et la Minéralogie.

Un de nos Confrères me faisait remarquer, il y quelques jours, le souci constant de Léon Bertrand, celui de *rendre service*; au cours des deux guerres qui ont enrayé ses efforts et désorganisé les travaux de prospection, il marqua avec force le besoin de prendre une part, souvent matérielle, à la lutte pour la victoire. Attaché en 1915 à la Direction des Inventions intéressant la Défense nationale, il collabora à l'utilisation de l'onde de choc et au repérage de l'artillerie par le son, puis à des combinaisons de signaux colorés secrets, etc. On lui doit la mise au point de la fabrication des briques de silice indispensables aux fours métallurgiques, mise au point pratique de leçons qu'il avait données en Sorbonne sur la Céramique.

Le chef-d'œuvre, un des facteurs du relèvement économique de la France en cette période trouble, est la part décisive qu'il a eue dans la découverte, imprévue pour tous les experts, d'un gisement de pétrole au nord des Pyrénées. Sollicité, en 1920, à collaborer aux travaux du Commissariat des Essences, Léon Bertrand étudie en 1921 les gisements de Roumanie; en 1923, avec L. Joleaud, il parcourt les zones bitumineuses de Madagascar et en dresse la carte qui prépare les explorations faites plus tard par M. Barrabé à Madagascar, à la Martinique, à la Guadeloupe; il forme à ses techniques et communique ses prévisions à Pierre Viennot, le principal artisan des découvertes récentes dans l'Iraq.... Et je m'excuse de rendre publiques les confidences de notre Confrère M. François Grandjean qui précisent la qualité maîtresse du savant, entraîneur d'émules dont la confiance fut à rude épreuve.

M. Léon Bertrand paraissait faire un *acte de foi*, comme l'a dit M. Louis Pineau, directeur de l'Office National des Combustibles liquides, lorsqu'il proposa en 1925 un sondage dans les zones du flysch des Petites Pyrénées; à la surface,

pas la moindre trace de bitume et sa proposition n'eut pas de suite. En 1937, au Congrès mondial du Pétrole, MM. Léon Bertrand et Barrabé donnent une Note écrite précisant leur point de vue. M. Ramadier, alors Sous-Secrétaire d'État au Ministère des Travaux publics, avait chargé l'Office National des Combustibles liquides d'établir un nouveau programme de sondages et, en 1937, la reconnaissance de la région des dômes fut reprise, le sondage exécuté en un point choisi par MM. Jacob, Barrabé et Schneegard. On ne trouva pas de pétrole, mais, à la base du flysch, vers 1500 mètres de profondeur, un réservoir important de gaz. Le gaz de Saint-Marcet doit être en relation avec le pétrole puisqu'il est humide. Et en effet on l'obtient, en faible quantité, à deux niveaux dans une dolomie jurassique aux profondeurs respectives de 1830 et 1930 mètres.

Homme de dévouement et de foi, M. Léon Bertrand eut la joie de prendre part à nos travaux; son fils m'a assuré que cette distinction l'entraîna à un effort renouvelé et fatal. Nos regrets en sont accrus; nous déplorons la mort de ce grand serviteur de l'Université, de l'Industrie, de la Science désintéressée.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Les ensembles finis.* Note de M. **Arnaud Denjoy**.

La notion d'*ordre*, s'exprimant par « *a* est avant *b* » ou « *a* est après *b* », est absolument originelle. Elle préexiste au raisonnement, qui est non seulement un ensemble de propositions, mais encore un ordre déterminé entre ces propositions.

Il est possible de fonder sur les concepts d'*ordre*, d'*élément initial*, d'*élément terminal*, et *sans aucun recours à l'idée de récurrence*, l'*ensemble*, puis le *nombre ordinal*, enfin le *nombre cardinal* FINIS. Il suffit pour cela de se laisser guider par la pratique la plus commune quand il s'agit de dénombrer un ensemble fini, et qui est de le ranger d'abord sur une file unique, puis de changer celle-ci pour la vérification.

Définition A. — *Un ensemble fini est un ensemble ordonnable et dont toutes les ordinations possibles sont semblables entre elles.*

Conséquence. — *Tout ensemble ordonné semblable à un ensemble fini est fini.*

Propriété B. — *Dans toutes ses ordinations, un ensemble fini a un élément initial.*

J'use de la terminologie et des notations adoptées dans mon livre *L'Énumération transfinie*, I. (Voir les index correspondants, pages XVII et XXII.) Ajouter le signe de similitude $\sim$ (page 11).

$C(a, E)$ est la section commençante de E terminée par a, $S(a, E) = C(a, E) - (a)$, $S'(a, E) = E - C(a, E)$, C, S, S' étant ordonnés selon E.

Si B était faux, a étant un élément quelconque de E, $S(a, E)$ existerait. On porte $S(a, E)$ à la suite de $S'(a, E)$; a devient élément initial de E dans la nouvelle ordination. Or elle est semblable à l'ancienne.

L'inversion d'une ordination ($a \prec b$ changé en $a \succ b$) donnant encore une ordination, la propriété B équivaut à

Propriété B'. — *Dans toutes ses ordinations, un ensemble fini possède un élément terminal.*

Corollaire. Propriété C. — *Tout sous-ensemble d'un ensemble fini a, dans toutes ses ordinations, un élément initial* (donc aussi un élément terminal).

Soit e un sous-ensemble ordonné de E, $e' = E - e$. Ordonnons e' par une ordination quelconque de E. Puis plaçons e avant e'; e a un élément initial, celui de E.

Théorème I. — *Un ensemble fini ordonné n'admet pas d'autre application conforme sur lui-même que l'application identique.*

Soit (A) une application conforme de E sur lui-même, et F l'ensemble des éléments a de E tels que, par l'application (A), C(a, E) soit appliqué identiquement sur lui-même. F existe. Car il contient l'élément initial α de E. Soit b l'élément terminal de F. Je dis que b est aussi l'élément terminal de E. Sinon, S'(b, E) existerait. (A) appliquerait S'(b, E) conformément sur lui-même. L'élément initial c de S'(b, E) serait dans F. Donc F = E.

Théorème II. — *Un ensemble ordonné fini n'est semblable à aucun de ses sous-ensembles.*

Soient e un sous-ensemble ordonné de E et semblable à E, α l'élément initial, β l'élément terminal de e. Ordonnons $e' = E - e$ par l'ordination de E, puis plaçons e avant e'. La nouvelle ordination de E est semblable à la première, donc à celle de e, qui est devenu C(β, E). Soient (A') l'application conforme de E sur e et G l'ensemble des éléments a de e, tels que C(a, E) soit identiquement appliqué sur lui-même par (A'); G contient α. On voit que G contient β. Donc S'(β, E) est appliqué conformément sur l'ensemble vide, ce qui est impossible si $e < E$.

Théorème III. — *De deux ensembles finis dissemblables, l'un est semblable à un sous-ensemble de l'autre.*

E et E' étant ordonnés finis, dissemblables, si I est l'ensemble des éléments a de E auxquels correspond dans E' un élément a' tel que C(a, E) et C(a', E') soient semblables, I contient α, élément initial de E, correspondant à α', initial de E'. On voit que le dernier élément de I est l'élément terminal b de E ou a pour homologue le dernier b' de E'.

Théorème IV (Réciproque de B et de son équivalent C) ou Définition B. — *Un ensemble est fini quand il possède dans toutes ses ordinations un élément initial.*

Soient E et E' deux ensembles composés des mêmes éléments, mais différemment ordonnés, possédant tous deux la propriété B (donc aussi B' et C). L'énoncé signifie que E et E' sont semblables.

Soit K l'ensemble des éléments a de E vérifiant ces conditions :

1° Il existe dans E' un élément a' tel que C(a, E) $\sim$ C(a', E').

2° Si $\eta(a, E)$ est l'ensemble des éléments de C(a, E) étrangers à C(a', E') [donc inclus

dans $S'(a', E')$] et $\eta(a', E')$ les éléments de $C(a', E')$ étrangers à $C(a, E)$, il est possible de porter $\eta(a', E')$ de $C(a', E')$ dans $S'(a', E')$, et $\eta(a, E)$ de $S'(a', E')$ dans $C(a', E')$, de façon à substituer à E' un ensemble E''_a semblable à E', composé des mêmes éléments ($E''_a = E' = E$), a' étant remplacé par a'', $C(a'', E''_a)$ étant identique à $C(a, E)$ en constitution et ordination ($a'' = a$), avec enfin $S'(a'', E''_a) \sim S'(a', E')$.

K existe. Car, si α est initial de E, α' de E', K contient α. Si $\alpha = \alpha'$, $E''_\alpha = E'$. Si $\alpha \neq \alpha'$, on échange α et α' dans E', et l'on a E''_α.

Soit b le dernier élément de K, b' son homologue. Je dis que b est l'élément terminal de E ou b' celui de E'. Sinon, si c et c' sont initiaux de $S'(b, E)$ et de $S'(b', E')$, c est dans K. Car : 1° $C(c, E)$ est semblable à $C(c', E')$; 2° Formons E''_b. Soit γ'' l'initial de $S'(b'', E''_b) \sim S'(b', E')$. Si $c = \gamma''$, E''_b est E''_c. Sinon, l'échange de c et de γ'' dans $S'(b'', E''_b)$ donne E''_c. Donc c est dans K. Par suite, ou bien b est terminal à E; $E \equiv C(b, E) \equiv C(b'', E''_b) \equiv E''_b$, $S'(b'', E''_b) = 0$, $S'(b', E') = 0$; b' est terminal à E'. Ou bien b' est terminal à E'; on écrit les mêmes relations en sens inverse, b est terminal à E. En résumé, $E \sim E'$. E est fini.

Corollaires (de C et de IV). — *Tout sous-ensemble d'un ensemble fini est fini.*

Corollaire (de IV). — *Toute réunion d'ensembles finis est un ensemble fini.*

Les ensembles réunis $e, \ldots, h$ sont par hypothèse les éléments d'un ensemble fini J. Soit R la réunion des éléments des $e, \ldots, h$. Ordonnons indifféremment R; R a un élément initial, savoir l'initial de l'ensemble fini formé par les initiaux des $e, \ldots, h$ dans l'ordination de R.

Les types d'ordination finis. — A chaque ensemble fini E correspond un type d'ordination unique T(E) que nous appelons un *type fini.*

L'addition des types finis est commutative.

C'est le type de la somme des ensembles disjoints correspondant aux divers types additionnés.

D'après le théorème III, les types finis peuvent *s'ordonner* entre eux par la règle que $T \prec T'$ si $T = T(E)$, $T' = T(E')$, $E \sim S(a', E')$, $a' \in E'$.

Soit U l'ensemble des types finis. *Quel que soit le type* T, *l'ensemble* C(T, U) *est fini.* Car si $T = T(E)$, C(T, U) est formé des types T[C(a, E)], a étant un élément quelconque de E, $C(T, U) \sim E$.

U a donc un élément initial, qui est le type de *l'ensemble fini dont l'élément initial coïncide avec l'élément terminal.* Nous le désignons par $\tau(1)$.

Le conséquent du type $T = T(E)$ dans U est T' tel que, si $T' = T(E')$, il s'ensuit $E \sim S(b, E')$, b étant le terminal de E'. Donc $T' = T + \tau(1)$.

On dit que T(E) caractérise le *rang* du dernier élément de E. On qualifie ce rang par un adjectif, $n^{\text{ième}}$, n étant appelé le *nombre ordinal* indicatif du rang. On écrit $T(E) = \tau(n)$.

Dans E' ordonné, si $T[C(a, E')] = \tau(n)$, on dit que a possède le $n^{\text{ième}}$ rang parmi les éléments de E'; $\tau(n)$ a le $n^{\text{ième}}$ rang parmi les types finis.

On pose $\tau(\Sigma n) = \Sigma\tau(n)$. Nous en concluons que l'addition des nombres ordinaux est commutative, associative, etc.

La multiplication des types finis est commutative, $T \times T' = T' \times T$. La première expression signifie que l'on remplace chaque élément d'un ensemble

de type T′ par un ensemble de type T. En prenant dans chacun de ceux-ci l'élément ayant un même rang, on a une réunion de type T d'ensembles de types T′. On pose

$$\tau(n \times p) = \tau(n) \times \tau(p).$$

On appelle *nombre cardinal* des éléments d'un ensemble fini E le nombre ordinal servant à qualifier le rang de l'élément terminal de E. L'addition, la multiplication des nombres cardinaux et celle des nombres ordinaux ont les mêmes propriétés.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les électrinos de M. Thibaud et l'existence éventuelle d'une très petite charge électrique des neutrons.* Note de M. **Louis de Broglie**.

Dans la théorie usuellement admise des spectres continus β, on admet qu'un neutron nucléaire peut se transformer en proton, avec émission d'un électron négatif et d'un neutrino de charge nulle et de masse très faible, suivant le schéma

$$(1) \qquad {}_0N = {}_1H + {}_{-1}e + {}_0n,$$

où les chiffres placés en bas à gauche des lettres indiquent les charges électriques des particules mesurées en prenant pour unité la charge électrique du proton, notation qui permet de verifier d'un coup d'œil la conservation de l'électricité. L'émission des spectres continus de positons par certains radioéléments artificiels correspond de même au schéma

$$(2) \qquad {}_1H = {}_0N + {}_1e + {}_0n.$$

Le proton, le neutron et l'électron étant des corpuscules de spin 1/2 (en unités $h/2\pi$), la conservation du moment cinétique conduit, on le sait, à attribuer également au neutrino un spin 1/2. Ces schémas usuels respectent donc la conservation de l'électricité et celle du moment cinétique (spin).

Dans une Note récente [1], M. Jean Thibaud a communiqué de curieux résultats expérimentaux qu'il interprète en admettant que, lors de l'émission d'un spectre continu β, il y a, en dehors de l'expulsion des électrons, projection de particules très légères (c'est-à-dire de masse très inférieure à celle de l'électron) qui auraient une charge électrique $\pm\varepsilon$ très petite, positive ou négative. A ces particules, M. Thibaud donne le nom d'*électrinos*. Sans préjuger de l'interprétation finale qui devra être donnée des expériences de M. Thibaud, il nous paraît intéressant de présenter quelques remarques au sujet de l'existence possible des électrinos.

Si l'on adopte l'hypothèse suivant laquelle des électrinos du type de

(1) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 984.

M. Thibaud sont émis lors de l'expulsion d'une particule β hors d'un noyau radioactif, on a le choix entre deux possibilités principales : ou chaque émission de particule β est accompagnée par l'éjection d'un seul électrino, ou bien au contraire deux électrinos de signes opposés sont émis en même temps que l'électron. Chacune de ces possibilités soulève une grave objection. Si un seul électrino de charge $\pm \varepsilon$ est émis en même temps qu'un électron, le principe de conservation du moment cinétique serait respecté en faisant l'hypothèse naturelle que les électrinos ont un spin $1/2$, mais alors le principe de la conservation de l'électricité, l'un des mieux assuré de toute la Physique, ne serait plus satisfait. Si, au contraire, deux électrinos de signes opposés sont émis en même temps que l'électron, le principe de la conservation de l'électricité est respecté, mais la conservation du moment cinétique exigerait l'attribution aux électrinos d'un spin égal à $1/4$, hypothèse qui semble impossible à concilier avec la façon dont la théorie quantique des particules parvient à rattacher la théorie générale des moments cinétiques à celle des groupes de rotation et à la transformation de Lorentz. Des deux côtés, la difficulté qui se présente est très sérieuse.

Pour sortir de l'impasse, on pourrait faire appel aux considérations assez hardies qui suivent. Rien ne prouve d'une façon absolue que la charge électrique du neutron soit *rigoureusement* nulle : nous savons seulement que, si elle existe, elle doit être énormément plus petite que celle du proton. Nous pourrions donc supposer que les neutrons puissent porter des charges $\pm \varepsilon$, la charge du proton étant toujours prise comme unité et ε étant une fraction extrêmement petite. Il y aurait ainsi des neutrons positifs et négatifs, mais leurs propriétés provenant presque exclusivement de leur masse et de leur spin seraient pratiquement les mêmes. Symétriquement, nous pourrions supposer que les neutrinos sont des particules extrêmement légères, de masses énormément plus petites que celle de l'électron et dont la charge est non pas rigoureusement nulle, mais égale à $\pm \varepsilon$: ces neutrinos à très petite charge se confondraient avec les *électrinos* de M. Thibaud.

L'émission du spectre continu β serait alors représentée par l'un ou l'autre des schémas suivants [qui remplacerait le schéma (1)]

$$(3) \qquad \begin{cases} {}_{\varepsilon}N = {}_{1}H + {}_{-1}e + {}_{\varepsilon}n, \\ {}_{-\varepsilon}N = {}_{1}H + {}_{-1}e + {}_{-\varepsilon}n, \end{cases}$$

suivant que le neutron nucléaire qui se transforme en proton est positif ou négatif. La conservation de l'électricité serait alors satisfaite et, comme un seul électrino positif ou négatif serait émis dans chaque processus élémentaire, on serait conduit à lui attribuer le spin $1/2$. Ainsi toutes les difficultés se trouveraient levées.

Naturellement il serait aisé de transposer les idées précédentes au cas des spectres continus de positons en remplaçant le schéma (2) par un schéma analogue à (3).

L'hypothèse faite plus haut sur la charge du neutron introduirait une agréable symétrie entre le neutron et l'électrino (ou neutrino chargé) de M. Thibaud. Elle permettrait aussi de considérer le photon comme équivalent à l'ensemble de deux électrinos de signes contraires et de spin 1/2, formant une particule neutre de spin 1. Évidemment, avec ces hypothèses, la charge totale d'un noyau de nombre atomique Z serait égale non plus à Ze, mais à $Ze+(n_+-n_-)\varepsilon$, n_+ et n_- étant les nombres de neutrons nucléaires positifs et négatifs. Mais les propriétés de ce noyau et de l'atome dont il est le centre dépendraient extrêmement peu de la charge supplémentaire $(n_+-n_-)\varepsilon$ en raison de l'extrême petitesse du rapport ε/e; d'ailleurs, dans les noyaux lourds, il pourrait y avoir une quasi-égalité des nombres de neutrons positifs et négatifs de sorte que n_+-n_- soit petit.

L'idée d'introduire une très petite charge pour le neutron est assurément assez hardie, mais de toutes façons, si l'interprétation donnée par M. Thibaud de ses expériences devait se confirmer, il serait nécessaire d'introduire des idées très nouvelles dans nos conceptions relatives aux particules élémentaires.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez l'*Ononis repens L. Note de M. **René Souèges**.

L'embryogénie des *Ononis* pose un problème qui, depuis les premières observations de L. Guignard (1), en 1881, n'a pas reçu de solution satisfaisante. D'après ce savant, le nombre des cellules qui constituent le suspenseur proprement dit, toujours disposées en chapelet, serait variable avec les espèces. Il est pair ou impair, atteignant le chiffre 7 chez l'*O. fruticosa* L., mais parfois ne dépassant pas l'unité chez l'*O. alopecuroides*. « On remarque, écrit Guignard, que, à travers quelques variations accidentelles, le proembryon est normalement formé d'un nombre pair de cellules. Le cas le plus général est celui d'un suspenseur à trois cellules terminées par la cellule-mère qui ne se différencie qu'au moment où un nombre déterminé de bipartitions a constitué le proembryon caractéristique de chaque espèce. Si le nombre des cellules du suspenseur est pair et que la cellule-mère soit unique, celle-ci paraît avoir été isolée dès la première bipartition de la cellule fécondée. »

Ainsi les règles qui président à l'origine de la cellule embryonnaire proprement dite n'offriraient aucune fixité. Cette cellule serait tantôt fille, tantôt petite-fille, tantôt arrière-petite-fille de l'oospore. On comprend qu'il soit nécessaire d'être fixé sur ces divers points pour bien connaître la vraie place des *Ononis* dans la classification périodique, et déterminer les rapports exacts des espèces de ce genre avec celles des genres de la même tribu ou de la même famille.

---

(1) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6e série, **12**, 1881, p. 87.

Les deux cellules superposées, *ca* et *cb*, résultant de la division transversale de l'oospore, se segmentent encore transversalement chez l'*O. repens* (*fig.* 1 à 4) pour donner un proembryon comportant une série linéaire de 4 éléments, *cc*, *cd*, *m* et *ci* (*fig.* 5). Ce

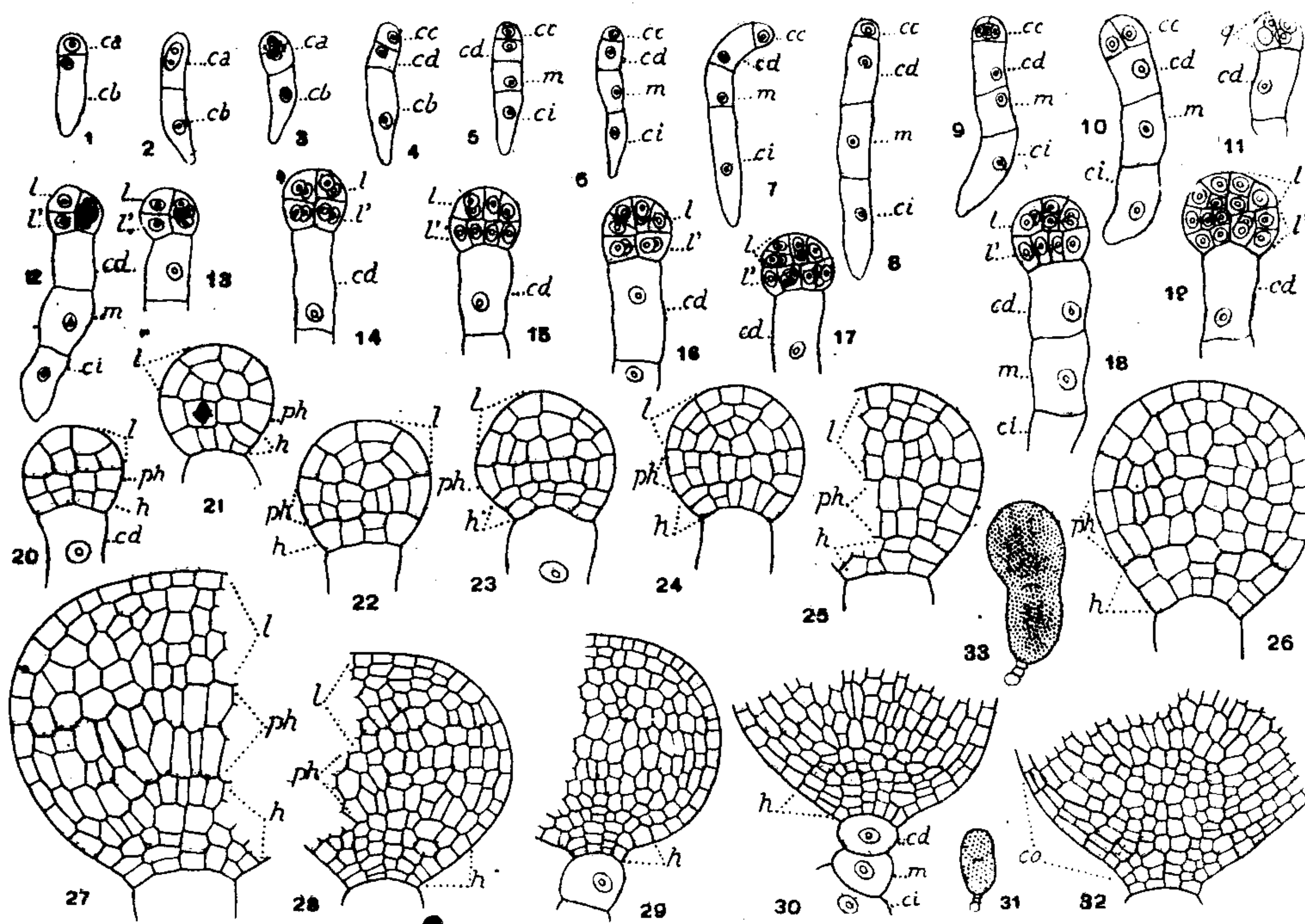


Fig. 1 à 33. — *Ononis repens* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb* ou les deux vésicules inférieures du suspenseur; *cc*, cellule-fille supérieure de *ca* ou cellule embryonnaire proprement dite; *cd*, cellule-fille inférieure de *ca* ou la troisième vésicule du suspenseur; *q*, quadrants; *l*, octants supérieurs ou partie cotylée; *l'*, octants inférieurs; *ph*, partie hypocotylée; *h*, groupe hypophysaire; *co*, coiffe. En 12 et 13, les deux coupes voisines d'un même embryon. En 31 et 33, aspect général des embryons d'où sont tirés les détails des figures 30 et 32. G. = 260; 130 pour les figures 28, 29, 30 et 32; 18 pour les figures 31 et 33.

proembryon prend d'assez grandes dimensions par allongement des trois éléments inférieurs, la cellule supérieure, *cc*, demeurant très petite et conservant un contenu très plasmatique. Parfois ce proembryon se courbe de diverses manières (*fig.* 7) et prend, dans l'extrémité quelque peu renflée du sac, des positions variables. Les trois cellules inférieures ne subissent pas de nouvelles divisions; elles s'élargissent, s'arrondissent (*fig.* 30, 31, 33); elles restent uninucléées; elles représentent le suspenseur *sensu stricto*. La cellule *cc* engendre l'embryon proprement dit; elle se partage par une cloison nettement verticale (*fig.* 9, 10) en deux éléments juxtaposés qui se segmentent à leur tour verticalement, donnant ainsi 4 quadrants disposés d'une façon plus ou moins régulière autour de l'axe (*fig.* 11). Les quadrants se divisent peu après transversalement pour engendrer 8 octants nettement distribués en deux étages *l* et *l'* (*fig.* 12 à 14).

Dans les 4 octants supérieurs, *l*, s'établissent des parois qui se sont montrées toujours anticlines, prenant une direction tantôt verticale (*fig.* 15, 16, 17, 18, 19 à d.), tantôt horizontale (*fig.* 16, 17, 19 à g.). A ces premières cloisons en succèdent de nouvelles, le plus souvent normales aux précédentes (*fig.* 18, 19, 20) conduisant à la séparation, au voisinage de la paroi équatoriale, d'une assise aux dépens de laquelle vont se différencier,

vers la périphérie, des éléments qui entreront dans la construction des cotylédons, au centre, des éléments qui feront partie du cylindre central de la tige épicotylée (*fig.* 21 à 25). Les éléments du sommet (*fig.* 20) apparaissent nettement, dans certains cas, donner naissance à un groupe cellulaire se comportant comme un tissu épiphysaire (*fig.* 24, 25). Aux stades plus avancés, les limites de ce groupe deviennent indistinctes. Quoi qu'il en soit, tout le massif hémisphérique tirant origine des 4 octants supérieurs donne naissance d'une manière évidente à la partie cotylée *sensu lato* (*fig.* 27, 28).

Dans les octants inférieurs, l' (*fig.* 14, 16), les premières cloisons sont verticales, normales aux parois méridiennes (*fig.* 15, 17, 18); puis se forment des cloisons transversales (*fig.* 19, 20) qui partagent l'étage l' en deux assises *ph* et *h*. L'assise *ph* représente l'hypocotyle; par divisions verticales (*fig.* 23) et transversales (*fig*, 21, 22, 24), elle engendre un groupe cellulaire qui s'élargit et n'offre bientôt aucune disposition régulière intérieure; les limites séparant ce groupe de la partie cotylée deviennent indistinctes (*fig.* 28, 29); les histogènes dans ces deux parties ne se différencient que fort tard. L'assise *h* engendre un véritable massif hypophysaire. Les éléments qui le composent au stade de la figure 20 se cloisonnent quelquefois longitudinalement (*fig.* 24 à d.), en règle générale transversalement (*fig.* 21, 22); dans la couche inférieure ainsi produite, les divisions transversales se poursuivent en direction centrifuge (*fig.* 26 à 29), tandis que, dans la couche supérieure, se forment de nouvelles parois longitudinales (*fig.* 23 à g., 26 à d.) et transversales (*fig.* 27 à 29). Ce sont, selon toute apparence, les éléments médians de la couche supérieure qui fournissent les initiales de l'écorce de la racine, les autres éléments, aussi bien ceux qui sont issus de la zone périphérique de la couche supérieure que ceux qui tirent origine de la couche inférieure, entrent dans la construction des parties latérales et de la portion médiane de la coiffe (*fig.* 30, 32).

On doit conclure de ces observations que l'*Ononis repens* vient se placer, dans la classification périodique, à côté du *Medicago Lupulina* ([2]), du *Melilotus arvensis* ([3]) et des *Vicia* ([4]). Comme dans ces espèces, la cellule *cc*, petite-fille de l'oospore, donne naissance à l'embryon proprement dit, et l'on retrouve des quadrants et des octants, dont l'identification ne peut être douteuse, à la 3e et à la 4e génération cellulaire à partir de la cellule apicale. A la 1re génération, cette dernière cellule produit, dans tous les cas et comme à l'ordinaire, deux éléments superposés; toutefois, à la 2e génération, au lieu d'une tétrade, il ne se constitue, chez l'*Ononis*, qu'une triade, la cellule *cd* demeurant indivise. Le suspenseur proprement dit se montre toujours composé de trois gros éléments mononucléés : la cellule-fille inférieure, *cd*, de la cellule apicale et les deux cellules-filles, *m* et *ci*, de la cellule basale.

([1]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **185**, 1927, pp. 1062 et 1206; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **76**, 1929, p. 93.

([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1361.

([3]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 389; P. Crété, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 921.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Le vent et la dispersion anémotrope chez le Doryphore de la Pomme de terre* (Leptinotarsa decemlineata *Say*). Note de M. **Émile Roubaud**.

L'influence du vent dans la dispersion des Doryphores de la Pomme de terre a été bien reconnue aux États-Unis par W. L. Tower (¹). Il y voit l'un des grands facteurs qui ont aidé ou contrarié, selon les circonstances, les migrations du redoutable insecte vers l'Est des États-Unis. Selon cet auteur, le Doryphore, mauvais voilier, peut cependant franchir en vol des distances considérables, entraîné par les courants aériens dominants. Il peut aussi, quoique pendant peu de temps, voler contre le vent. Dans la région atlantique des États-Unis, les Doryphores sont parfois dirigés vers la mer lorsque les vents soufflent dans cette direction et les vagues rejettent ensuite sur les plages de nombreux coléoptères épuisés, morts ou vivants.

Sur la côte atlantique française, j'ai pu faire des constatations qui confirment celles de W. L. Tower, en ce qui concerne l'action du vent sur les insectes en vol. En région côtière, l'influence des courants aériens est pleine de dangers pour les Doryphores ailés si leur vol est orienté vers la mer. Le fait peut se produire même lorsque le vent dominant vient de mer, quand les insectes volent contre le vent. Sur la côte de Vendée, le 13 septembre 1946, par temps chaud et brise légère constante, soufflant du large, j'ai recueilli, dans l'après-midi, des Doryphores flottant sur l'eau, à une centaine de mètres du rivage. Ces insectes, émigrés des cultures voisines, ne pouvaient avoir gagné l'Océan qu'en volant contre le vent. Beaucoup d'entre eux se trouvèrent ensuite ramenés à terre, à la marée du soir. La plupart, en raison de leur grande résistance à la submersion, étaient encore en état de se déplacer sur le sol; ils manifestèrent alors, par suite du refroidissement et de l'épuisement, un tropisme inversé, progressant dans le sens du vent, vers l'intérieur.

Ce n'est pas seulement, en effet, les Doryphores en vol qui obéissent à l'action du vent; celle-ci exerce également une orientation directrice très remarquable sur la progression au sol de ces insectes, au cours de leurs migrations d'arrière-saison si caractéristiques.

Le Doryphore de la Pomme de terre présente alors parfois des déplacements dans un sens uniforme et rectiligne, qui ont été étudiés récemment en France par J. Dussy et P. Grison (²). Ces auteurs ont observé en août, à Bergerac, en fin juillet à Versailles, que les imagos pouvaient quitter spontanément une culture, seuls ou groupés, pour suivre une direction identique en ligne droite, sur plusieurs dizaines de mètres, en terrain uni. Si l'on recueille un de ces insectes sur un support, auquel on imprime une rotation de 180°, l'insecte

(¹) *Publ. Carnegie Inst. Washington*, **48**, 1906, pp. 46-47.
(²) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 622.

exécute sur lui-même une rotation égale pour reprendre son orientation initiale. Les auteurs y voient l'expression d'une marche optiquement polarisée ou d'un fait d'orientation ménotactique au sens de Kühn, c'est-à-dire d'orientation sous un angle constant, avec un repère optique constitué par les rayons lumineux. Ces phénomènes, que j'ai également observés dans les régions littorales de Vendée, ne me paraissent cependant pas dépendre d'une réaction ménotactique. D'après mes observations, cette marche polarisée n'est liée à aucun repère attractif d'ordre phototropique; elle se poursuit si l'on modifie l'éclairement. C'est l'action du vent et la sensibilité anémotrope qui orientent seuls, dans ce cas, la progression des insectes.

La migration rectiligne uniforme s'effectue tantôt contre le vent dominant (anémotropisme +), tantôt dans le sens de celui-ci (anémotropisme —). On constate que l'orientation de l'insecte se modifie et devient quelconque, si l'on coupe le vent par un écran placé, respectivement, en avant de lui dans le premier cas, ou en arrière de lui, dans le second cas.

Si l'on soumet un Doryphore, en marche orientée par le vent régnant, à un courant d'air artificiel plus fort, dirigé dans un autre sens, on le voit abandonner son orientation première pour obéir à l'action anémotrope la plus puissante.

Sur un même terrain et dans une même journée chaude, la marche contre le vent n'a été observée qu'aux heures les plus chaudes; la brise demeurant constante en direction ou intensité, on constate que le tropisme s'inverse de plus en plus dans le cours de l'après-midi. Les Doryphores marchent généralement dans le sens du vent, vers le soir et par temps frais, faisant alors une route contraire à celle qu'ils ont suivie quelques heures plus tôt. On peut penser que le sens de l'orientation anémotrope dépend du degré de l'activité physique des insectes, pour la marche comme pour le vol.

Les phénomènes de migration anémotrope n'intéressent que les individus de la génération appelée à hiverner. Bien des auteurs, depuis Tower, ont noté l'aptitude particulière au déplacement, par marche ou par vol, manifestée par les Doryphores à ce stade. Leur stimulant de migration ne dépend pas de nécessités alimentaires ou reproductrices. Il paraît correspondre à un *besoin de mouvement*, de dépense musculaire, favorisant sans doute, par des oxydations accrues, cette déshydratation initiale, dont W. L. Tower a reconnu l'importance dans la préparation physiologique des Doryphores appelés à hiberner (³). Une période analogue de déplacements actifs se retrouve, d'ailleurs, chez d'autres insectes dont la diapause imaginale est également marquée, à son début, par des mouvements migrateurs (*Anopheles elutus*, certains Acridiens et Lépidoptères).

A la surface du sol, la progression anémotrope des Doryphores est largement

(³) *Loc. cit.*, 1906, p. 246.

soumise au jeu des obstacles naturels (levées de terre, haies, murs etc.) qui, déviant ou masquant le vent dominant, s'opposent à la marche rectiligne des migrateurs, en les incitant à modifier incessamment leur direction. On voit parfois, en zone côtière, un même Coléoptère sollicité par des influences aériennes successives contraires, parcourir en tous sens la même surface de terrain, sans parvenir à s'en éloigner. Les insectes, ainsi soumis aux effets désordonnés d'un tropisme aveugle, offrent vraiment l'image saisissante d'une barque désemparée errant au gré du vent. Mais, dans son ensemble, la sensibilité anémotrope constitue, pour les Doryphores, un puissant moyen de dispersion préhibernale, à la phase évolutive où leur mobilité accrue les porte à délaisser les cultures nourricières pour se répandre au dehors.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau de l'Académie une brochure intitulée *Jubilé scientifique de M. Maurice de Broglie, célébré à la Sorbonne le* 13 *juin* 1946.

M. **Harlow Shapley** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *One hundredth Annual Report or the Director of the Astronomical Observatory of Harvard College for the year ending september* 30, 1945.

M. **Reginald A. Daly** fait hommage à l'Académie d'un fascicule intitulé *Origin of the Moon and its Topography*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection de deux Associés étrangers.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Wander Johannes de Haas** est proclamé élu en remplacement de Sir *William Bragg*, décédé, et Sir **Edward John Russell** est proclamé élu en remplacement de M. *Pieter Zeeman*, décédé.

Leurs élections seront soumises à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à chacune des deux chaires de *Théorie des équations différentielles et fonctionnelles* et de *Biochimie générale et comparée* vacantes au Collège de France.

(Renvoi pour la première, à la Section de Géométrie et, pour la seconde, à la Section de Chimie et à MM. Richard Fosse, Javillier et Courrier.)

Le **Rice Institute**, à Houston (Texas), invite l'Académie à se faire représenter à l'installation de son nouveau Président, M. *William Vermillion Houston*.

M. André Streinger, Président du Comité d'érection du Monument Condorcet à Ribemont (Aisne), invite l'Académie à se faire représenter à l'inauguration d'un monument érigé en l'honneur de Condorcet, qui aura lieu à Ribemont, le dimanche 27 avril 1947.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Albert Ranc. *Henri Becquerel et la découverte de la Radioactivité.*

2° *Études dédiées à la mémoire d'André M. Andréadès, publiées par un Comité d'amis et d'élèves sous la présidence de* K. Varvaressos.

3° Luciano Abeille. *Etapas de la vida medico-patricia del Doctor Juan Madera, procer de Mayo, 1er cirujano de los ejercitos de la independencia.* Tercera edicion.

4° Evgeni Nikanorovitch Pavlovski. *Manuel de parasitologie humaine* (en langue russe).

5° L. V. Polejaev. *Osnovi mekaniki razvitiia pozvonotchiik* (en langue russe).

6° Institut de recherches du coton et des textiles exotiques. *Coton et fibres tropicales* (*Cot. Fib. Trop.*), Volume I, fascicule 1, juin 1946.

7° Academia Nacional de Medicina de Buenos Aires. *Anales del Instituto de Investigaciones fisicas aplicadas a la patologia humana,* Ano I, volume I, 1940.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une propriété algébrique des équations de Cauchy-Riemann.* Note [1] de M. Stig Comét.

Soit $x_1, \ldots, x_n$ un système de variables réelles, interprété comme un point x d'un espace, et soit $y_1, \ldots, y_n$, indiquant le point y, un système de fonctions de ces variables. En désignant par x et y les matrices à une colonne formées des coordonnées des points, en écrivant ∂_k pour $\partial/\partial x_k$, et en appelant la matrice fonctionnelle $\theta = (\partial_1 y, \partial_2 y, \ldots, \partial_n y)$, nous avons pour les vecteurs différentiels dx et dy la relation

$$dy = \theta\, dx. \tag{1}$$

Pour tout point x fixé, cette relation implique une transformation linéaire de l'espace des vecteurs différentiels; on s'imagine cet espace attaché au point x fixé.

Si les fonctions y définissent une transformation conforme, on peut caractériser cette propriété à l'aide de l'espace différentiel d'une manière projective : si le vecteur arbitraire dx est transformé à $dx' = \mathrm{M}\, dx$ à l'aide d'une matrice M = matrice orthogonale, multipliée par un facteur scalaire, alors le vecteur dy, qui lui correspond d'après (1), sera transformé à $dy' = \mathrm{M}'\, dy$ à l'aide d'une

---

[1] Séance du 17 février 1947.

matrice M′ de la même espèce. Ainsi il suit, dx étant arbitraire,

$$M'\theta = \theta M, \tag{2}$$

d'où l'on peut conclure que la matrice $\tilde{\Theta}\Theta$ sera nécessairement commutative à toute matrice orthogonale ($\tilde{\theta}$ étant la matrice transposée de θ). Il suit que θ sera une matrice orthogonale, multipliée par un facteur scalaire, ce qui nous donne, dans le cas $n = 2$, les équations de Cauchy-Riemann pour que $y_1 + iy_2$ soit une fonction analytique de $x_1 + ix_2$. Dans tous les cas où $n > 2$, cette propriété de θ, à savoir $\tilde{\theta}\theta = \lambda E$ (E étant la matrice unité), restreindra la famille de fonctions y à celle qu'on peut obtenir par des combinaisons d'inversions ([2]).

Un mode de généralisation de la notion de transformation conforme se présente immédiatement, les matrices M (M′) parcourant un groupe, arbitrairement fixé, de transformations linéaires au lieu du groupe orthogonal. Si ce groupe est commutatif, la condition (2) conduit aux fonctions d'une variable appartenant à un système hypercomplexe commutatif, étudiées par G. Scheffers ([3]). En général, chacune des fonctions y s'exprime en forme de fonction analytique d'une seule variable complexe, combinée éventuellement avec des polynomes à plusieurs variables. Cette généralisation est donc assez superficielle.

Nous voulons suivre un autre chemin : pour $n = 2$, la condition (2) équivaut à la suivante

$$\theta = E_2 \theta \tilde{E}_2, \qquad \text{où} \quad E_2 = \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}. \tag{3}$$

C'est une équation linéaire en matrices, à laquelle doit satisfaire la matrice fonctionnelle θ. Elle se généralise, pour n quelconque, à

$$\sum_{j=1}^{n} \varepsilon_j E_j \theta \tilde{E}_j = 0, \tag{4}$$

où les matrices E_j ($j = 1, \ldots, n$), d'ordre n, forment une représentation des éléments de base e_j d'une certaine algèbre linéaire.

L'équation (3) implique les équations de Cauchy-Riemann. D'une manière analogue, (4) donne lieu à un système d'équations aux dérivées partielles du premier ordre, linéaires et homogènes. On peut se demander : lesquels entre tous les systèmes d'équations sont exprimables sous la forme (4)? Écrivons un système

$$\nabla y = 0, \tag{5}$$

([2]) Liouville, *Journal de Math. pures et appl.*, 15, 1850, p. 103.

([3]) *Leipziger Berichte*, **45**, 1893, pp. 828-848, et **46**, 1894, pp. 120-134; *Comptes rendus*, **116**, 1893, pp. 1114 et 1243.

où ∇ est une matrice opérateur, dont les éléments sont des combinaisons linéaires, avec des coefficients constants, des symboles $\partial_1, \ldots, \partial_n$ de dérivation, c'est-à-dire $\nabla = \sum_{k=1}^{n} A_k \partial_k$, où les A_k sont des matrices constantes.

En effet, la condition pour que le système (5) s'écrive sous la forme (4) est que les A_k ($k = 1, \ldots, n$) forment une représentation d'une base complète d'une algèbre linéaire *semi-simple*. Il suffit donc de regarder le cas, où cette algèbre est simple. Alors n est un entier carré, $n = p^2$, et la matrice ∇ peut être transformée (ce qui revient à un changement de variables) en une somme directe de p matrices carrées d'ordre p. Ainsi, le système (5) se décompose en p systèmes du type

$$\Omega y = 0, \tag{6}$$

où Ω est l'opérateur de dérivation employé par M. Turnbull [1] :

$$\Omega = \begin{pmatrix} \partial_{11} & \ldots & \partial_{1p} \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ \partial_{p1} & \ldots & \partial_{pp} \end{pmatrix},$$

où $\partial_{jk} = (\partial / \partial x_{jk})$, tous les x_{jk} étant des variables indépendantes.

Remarquons que les systèmes d'équations qui caractérisent les fonctions régulières de quaternions, introduites par M. Fueter [2], sont précisément du type en question. La détermination de toutes les fonctions de M. Fueter est donc équivalente à la solution générale du système (6) pour $n = 4$, $p = 2$, c'est-à-dire

$$\begin{pmatrix} \partial_{11} & \partial_{12} \\ \partial_{21} & \partial_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} = 0.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une extension topologique d'une formule de Poincaré.* Note [1] de Mme **Pierre-Louis Dubois-Violette**, présentée par M. Gaston Julia.

H. Poincaré a défini analytiquement l'indice d'un cycle, puis l'indice d'un point singulier, en particulier l'indice d'un point singulier simple, pour une équation différentielle du premier ordre et du premier degré.

En utilisant la notion d'indice, il a ensuite établi en projection gnomonique la formule $n + f - c = 1$ pour une équation différentielle du premier ordre et du premier degré n'admettant à distance finie ou infinie que des points

---

[1] *Proc. Edinburgh Math. Soc.*, 2e série, 1, 1928, pp. 111-128; 2, 1930-31, pp. 33-54 et 256-264.

[2] *Commentarii math. helv.*, Zürich, 7, 1934-35, pp. 307-330, et les travaux dans les tomes suivants.

[1] Séance du 26 mars 1945.

singuliers simples des types nœuds, foyers ou cols, en nombres respectivement égaux à n, f et c.

Le cas où l'équation admettrait parmi ses points singuliers α centres conduit à la formule plus générale $n+f+\alpha-c=1$. Le cas d'un centre se présentait à H. Poincaré comme un cas limite du foyer. Il n'en est plus du tout de même dans l'étude qui suit, où l'on se place à un point de vue topologique.

La formule précédente peut être transformée si l'on utilise une projection stéréographique du plan, au lieu d'une projection gnomonique, ce qui revient à considérer que le plan admet un point à l'infini et non plus une droite à l'infini. La formule devient alors aisément $n+f+\alpha-c=2$.

Nous avons étudié directement la disposition graphique d'un réseau de courbes tracées sur une sphère et n'admettant pas d'autres points singuliers que des points présentant les caractéristiques géométriques des points singuliers des types suivants :

1° *Nœud.* — Toute courbe passant assez près d'un tel point y aboutit nécessairement. Il n'existe pas de région nodale fermée aboutissant à un nœud.

2° *Foyer.* — Au voisinage d'un foyer F, toutes les courbes sont des spirales admettant F comme point asymptote.

Les nœuds et les foyers jouent des rôles identiques au cours de nos raisonnements.

3° *Centre.* — Au voisinage d'un centre Γ toutes les courbes sont des courbes fermées entourant Γ.

4° *Col.* — Quatre branches de courbes aboutissent au col, séparant quatre secteurs répulsifs.

Ces quatre sortes de points présentent les caratéristiques topologiques des quatre sortes de points singuliers simples. Nous les désignerons pour simplifier sous le nom de *points singuliers simples*; d'ailleurs, ces points ne sont pas nécessairement des points singuliers simples au sens habituel du mot; mais tout point singulier simple au sens habituel pour une équation différentielle du premier ordre et du premier degré rentre dans l'un des quatre types précédents.

Nous supposons que le nombre de nœuds est n, celui des foyers f, celui des centres α et celui des cols c.

Dans ces hypothèses, nous avons montré d'abord, géométriquement, que, si le nombre total de points singuliers est supérieur à 2, parmi les points singuliers figurent certainement des cols. Nous avons pour cela utilisé le fait que toute séparatrice entre deux familles de courbes telles que les courbes d'une même famille se déduisent par déformations continues les unes des autres, aboutit nécessairement à un col, à l'une de ses extrémités au moins.

Puis nous avons établi, toujours géométriquement, et sans faire intervenir la notion algébrique d'indice, la formule de Poincaré relative au nombre total de points singuliers $n+f+\alpha-c=2$.

Pour cela nous avons étudié l'influence, sur le réseau de courbes de déforma-

tions continues amenant plusieurs points singuliers simples à se fondre pour donner un point singulier d'un type nouveau.

Nous avons montré que l'on pouvait toujours amener les cols à se fondre en choisissant convenablement l'ordre des points et le mode de déformation, de façon à ne pas modifier le nombre ni la nature des autres points singuliers du réseau étudié, et à remplacer les cols par un point singulier unique admettant $2c+2=2p$ secteurs répulsifs, un certain nombre de secteurs nodaux ouverts, mais n'admettant aucun secteur nodal fermé.

Nous avons montré ensuite que le nombre $(n+f+\alpha)$ des points singuliers restants est égal à $p+1$, d'où nous déduisons la formule

$$n+f+\alpha=p+1=\frac{2c+2}{2}+1=C+2$$

et, par suite, nous retrouverons ainsi géométriquement la formule de Poincaré

$$n+f+\alpha-C=2. \tag{1}$$

Ce que nous venons de voir s'applique à un réseau de courbes quelconque n'admettant que des points singuliers des quatre types définis plus haut. Nous ne supposons à aucun moment que le réseau coïncide avec le réseau d'intégrales d'une équation différentielle.

Un cas particulier spécialement important est celui du réseau des intégrales d'une équation différentielle du premier ordre et du premier degré, qui n'admet que des points singuliers simples au sens habituel du mot. Ce cas particulier était le seul envisagé par Poincaré lors de l'établissement de la formule (1).

Un autre cas plus général est celui du réseau des intégrales d'une équation différentielle du premier ordre et du premier degré, pouvant admettre des points singuliers multiples, pourvu que ceux-ci présentent les caractères topologiques des quatre types de points que l'on a définis. C'est le cas par exemple de l'équation

$$x^3(x^2-1)\,y'=y.$$

Cette équation admet en $y=0$, $x=\pm 1$ deux points singuliers simples au sens habituel du mot, qui sont des nœuds. En outre, elle admet à l'origine un point multiple d'ordre 3 qui présente les caractères topologiques d'un col. Enfin, son point singulier à l'infini est un point singulier multiple d'ordre élevé qui a les caractères topologiques d'un nœud. On a donc $c=1$, $n=2+1=3$, $f=\alpha=0$, et l'on a bien $n+f+\alpha-c=3-1=2$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Tribus et* lieux *attachés à une classe ordonnée de sous-espaces d'un espace de Hilbert-Hermite.* Note (1) de M. **Otton Martin Nikodym**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Appelons : *classe ordonnée* toute famille (L) d'espaces (2) contenant o et $\imath$ et, telle que, si a, $b \in (L)$, on a, ou bien $a \subseteq b$ ou bien $b \subseteq a$; *segment* de (L) tout $a - b \neq o$ où $a, b \in (L)$; *extension borélienne* de (L) la plus petite tribu (T_L) dénombrablement additive contenant (L). La classe (L) s'appelle *dénombrablement* (resp. *complètement*) *fermée* lorsqu'elle contient toute somme et tout produit dénombrables (resp. quelconques) de ses éléments. Si $\imath$ est séparable, il existe dans chaque tribu dénombrablement additive (T) une sous-classe ordonnée (L) telle que $(T_L) = (T)$.

2. Dans ce qui va suivre, nous supposerons que $\imath$ est séparable. Soit (L) une classe ordonnée et fermée (3). Par *lieu* A en a où $a \in (L)$, $a \neq o$, nous entendons l'ensemble de tous les segments $p = a - x$ où $x \subset a$, $x \in (L)$; ceux-ci s'appellent *voisinages* de A. Le lieu A s'appelle *agrégé* à la *couverture* α (o ou somme de segments) lorsqu'il existe un voisinage p de A tel que $p \subseteq \alpha$. La couverture α s'appelle *couverture d'un ensemble* $\mathcal{E}$ de lieux lorsque tout lieu $A \in \mathcal{E}$ est agrégé à α. Soit F le complémentaire de $\mathcal{E}$ par rapport à la totalité I des lieux. Le produit spatial $\prod_\alpha \alpha$ de toutes les couvertures α de $\mathcal{E}$ s'appelle *support extérieur* e^* *de* $\mathcal{E}$; l'espace $e_* = \imath - f^*$ s'appelle le *support intérieur* de $\mathcal{E}$; Si $e_* = e^*$, l'ensemble $\mathcal{E}$ est dit *mesurable* et $e = e^*$ s'appelle son *support*. L'ensemble vide ainsi que l'ensemble des lieux agrégés à un segment sont mesurables.

La somme et le produit dénombrables d'ensembles mesurables sont mesurables et il en est de même pour le complémentaire et la différence. Les relations $\mathcal{E} = \sum_n \mathcal{E}_n$, $\mathcal{E} = \prod_n \mathcal{E}_n$, $\mathcal{E} = F - G$, $\mathcal{E} = \mathrm{co}\,F$ (4), $\mathcal{E} \subseteq F$ entraînent pour les supports respectifs les relations analogues $e = \sum_n e_n$, $e = \prod_n e_n$, $e = f - g$, $e = \mathrm{co} f$, $e \subseteq f$.

3. Soit μ une mesure effective sur (T_L). Posons pour $\mathcal{E}$ mesurable : $\mu(\mathcal{E}) = \mu(e)$. Si $\mu(\mathcal{E}) = o$, on a aussi $\mu(F) = o$ pour tout $F \subseteq \mathcal{E}$. La théorie lebesguienne de la mesure s'applique aux ensembles mesurables de lieux. Une fonction réelle $f(A)$ du lieu A variable, définie sur I, est dite *mesurable* lorsque pour

---

(1) Séance du 24 février 1947.

(2) Nous conservons les notations et dénominations de la Note précédente (*Comptes rendus*, 224, 1947, p. 524).

(3) Si $\imath$ est séparable, la fermeture dénombrable coïncide avec la fermeture complète.

(4) $\mathrm{co}\,F = I - F$.

tout λ réel l'ensemble des A où $f(A) \leqq \lambda$, est mesurable; une fonction $F(A)$ à valeurs complexes s'appelle mesurable lorsque ses parties réelle et imaginaires sont mesurables. La théorie des intégrales de M. Fréchet ([5]) s'applique et, par conséquent, on peut parler de fonctions complexes aux carrés sommables.

4. Soit $\vec{\omega}$ un vecteur générateur de $\mathfrak{r}$ par rapport à (T_L) et soit $\mu(a) = |\mathrm{Proj}_a \vec{\omega}|^2$ pour $a \in (T_L)$. Posons $\Omega(A) = 1$ partout et $\Omega_{\mathcal{E}}(A) = 0$, si $A \,\overline{\in}\, \mathcal{E}$ et $\Omega_{\mathcal{E}}(A) = 1$, si $A \in \mathcal{E}$. Faisons correspondre aux fonctions *en escalier* $\sum_i \lambda_i \Omega_{\mathcal{E}_i}(A)$ les vecteurs $\sum_i \lambda_i \mathrm{Proj}_{e_i} \vec{\omega}$ où e_i est le support de $\mathcal{E}_i$, $\mathcal{E}_i \in (T_L)$, (λ_i nombres complexes et Σ finie). Cette correspondance se prolonge en une correspondance **R** hémimorphe, homéomorphe et isométrique entre les fonctions complexes $F(A)$ définies presque μ partout sur I et aux carrés sommables, d'une part, et les vecteurs de $\mathfrak{r}$, d'autre part. Si $X(A) \sim \vec{x}$, $Y(A) \sim \vec{y}$, on a $\int_I \overline{X(A)}\, Y(A)\, d\mu_A = (\vec{x}, \vec{y})$. A deux fonctions F et G correspond le même vecteur si et seulement si F et G ne diffèrent que sur un ensemble de μ mesure nulle.

5. La théorie des lieux permet de démontrer les théorèmes suivants : *La condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe un vecteur générateur de* $\mathfrak{r}$ *par rapport à* (T) *est que* (T) *soit saturée. Si* (T) *est saturée, les propriétés suivantes sont équivalentes :* 1° $\vec{\omega}$ *est un vecteur générateur;* 2° *la mesure de* $\mu(a) = |P_a \vec{\omega}|^2$ *sur* (T) *est effective;* 3° *Si* $a \in (T)$ *et* $\vec{\omega} \in a$, *on a* $a = \mathfrak{r}$. *Quelle que soit la tribu* (T), *pour toute mesure* $\nu(a)$ *dénombrablement additive sur* (T), *il existe un vecteur* $\vec{x} \in \mathfrak{r}$ *tel que* $\nu(a) = |P_a \vec{x}|^2$ *pour tout* $a \in (T)$.

6. Soient $\vec{y} = \mathcal{H}(\vec{x})$ une transformation self-adjointe dans $\mathfrak{r}$, $\{E_\lambda\}$ $(-\infty \leqq \lambda \leqq +\infty)$ son échelle spectrale d'espaces invariants. Appelons *tribu spectrale* (S) de $\mathcal{H}$ l'extension borélienne de la classe ordonnée $\{E_\lambda\}$. Si (S) n'est pas saturée, il existe une suite au plus dénombrable de vecteurs $\vec{\zeta}_n$ telle que, si l'on pose $p_n = M_T((\vec{\zeta}_n))$, les p_n soient orthogonaux et $\sum p_n = \mathfrak{r}$. La plus petite tribu dénombrablement additive (T^*) contenant (S) et les p_n, existe et est saturée. Il existe un vecteur générateur $\vec{\omega}$ appartenant au domaine de $\mathcal{H}$. La tribu (T^*) est l'extension borélienne de la classe ordonnée $\{p_0 + \ldots + p_{n-1} + p_n E_\lambda\}$, où $p_0 = o$, $n = 1, 2, \ldots$. Si l'on considère les lieux de la fermeture de cette

---

([5]) *Sur l'intégrale d'une fonctionnelle étendue à un ensemble abstrait* (*Bull. Soc. math. de France*, **43**, 1915); voir aussi O. Nikodym, *Fund. Math.*, **14**, 1929.

classe, on obtient par **R** la forme canonique $\mathcal{H}[X(A)] = \Phi(A).X(A)$, où $\Phi(A)$ est réelle et non décroissante sur tout segment p_n. Cela jette de la lumière sur le phénomène de multiplicité du spectre continu.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la convergence absolue des séries trigonométriques*. Note de M. JEAN ARBAULT, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On sait ([1]) que l'ensemble de convergence absolue d'une série trigonométrique $\Sigma \rho_n \cos(nx - \varphi_n)$ se déduit de l'ensemble analogue relatif à la série $\Sigma \rho_n \sin nx$ par une translation qui amène un point du premier ensemble à l'origine. Nous nous limiterons aux séries σ de sinus; pour ces séries on a l'inégalité triangulaire

$$|s(b) - s(a)| \leqq s(b \pm a) \leqq s(b) + s(a),$$

où $s(x)$ désigne la somme $\Sigma \rho_n |\sin nx|$ qui peut être infinie. Il en résulte que si σ converge absolument en a et en b, elle a la même propriété en $a + b$ et $a - b$; si σ converge absolument en a et non en b, la série ne converge absolument ni en $a + b$ ni en $a - b$.

L'objet de la présente Note est l'étude de la convergence absolue d'une telle série sur un ensemble parfait totalement discontinu.

Supposons que P soit d'absolue convergence pour σ. Il résulte d'une théorie classique due à M. A. Denjoy ([2]) que la somme $s(x)$ est bornée sur P, sauf peut-être sur un ensemble fermé H(P) non dense sur p, et telle que, pour toute portion ϖ de P sans point commun avec H(P), $s(x)$ est bornée par un nombre $\alpha(\varpi)$ indépendant de x variant sur ϖ.

M. R. Salem a introduit des ensembles parfaits symétriques ([3]) et a indiqué ([4]) une condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe une série de sinus qui converge absolument presque partout sur l'ensemble, c'est-à-dire pour que l'ensemble soit presque partout de type N d'après la terminologie de M. Salem, la mesure étant une mesure de Stieltjes relative à une fonction scalaire croissante et continue relative à l'ensemble parfait considéré.

Soit un tel ensemble P parfait symétrique d'absolue convergence pour une série σ. Il existe une infinité dénombrable de translations qui laissent l'ensemble invariant et qui transforment dans leur ensemble un point de P en une suite partout dense sur P. L'application de l'inégalité triangulaire montre que

---

([1]) R. SALEM, *Duke Mathematical Journal*, 8, n° 2, juin 1941, p. 319, et J. ARBAULT, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 592.

([2]) *Leçons sur le calcul des coefficients d'une série trigonométrique*, 2e partie, pp. 139-148.

([3]) *Bull. amer. Math. Soc.*, 47, 1941, pp. 820-828.

([4]) R. SALEM, *loc. cit.*, note ([1]), p. 325.

si $s(x)$ est bornée au voisinage d'un point ζ de P, $s(x)$ est bornée en tout point de P, donc est absolument bornée. Pour un ensemble parfait symétrique, H(P) est toujours vide. On peut énoncer :

Si une série de sinus converge absolument sur un ensemble parfait symétrique, sa somme $s(x)$ y est bornée.

Conséquences. — 1. Pour qu'un ensemble parfait symétrique soit un N-ensemble, il faut qu'il existe une série de sinus absolument convergente aux points de première espèce avec une somme $s(x)$ bornée. (Cette condition est, en vertu de la semi-continuité inférieure de $s(x)$, suffisante pour un ensemble parfait quelconque.)

2. Soit un ensemble parfait symétrique P; une série de sinus qui ne converge pas absolument en un point de P a la même propriété sur un ensemble partout dense sur P.

3. Si sur P, on a convergence sur une plénitude, la mesure étant une mesure conventionnelle choisie telle que P soit épais en tout point, il y a sûrement convergence absolue en tout point de première espèce.

4. Si sur P, une série de sinus converge absolument aux points de première espèce et ne converge pas absolument en un point de seconde espèce, on peut déterminer une suite ξ_r de points de P et une suite p_r croissante d'entiers telles que les sommes $S_{p_r}(\xi_r)$ tendent vers $+\infty$ avec r. Il résulte des travaux de M. A. Denjoy ([5]) que la série ne converge absolument en aucun point d'un ensemble résiduel de P.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur l'invariance relativiste de l'opérateur d'interaction de deux corpuscules.* Note de M. SERGE SLANSKY.

En l'absence d'interaction, l'équation d'ondes d'un système de deux corpuscules est de la forme

$$\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial ct}\Psi = (H_1 + H_2)\Psi, \tag{1}$$

H_1 et H_2 étant les hamiltoniens des deux corpuscules pris isolément. L'invariance relativiste de cette équation peut se montrer en remarquant que si l'on attribue un temps t_j distinct à chaque corpuscule, on peut écrire un système

$$\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial ct_j}\Psi = H_j\Psi, \quad (j = 1, 2) \tag{2}$$

qui est invariant par la transformation de Lorentz et qui donne l'équation (1) lorsqu'on fait $t_1 = t_2 = t$.

Dans le cas d'un système en interaction, on peut chercher à appliquer la

([5]) *Loc. cit.*, p. 178.

même méthode en partant de deux équations de la forme (2) avec

$$H_j = H_j^{(0)} + R_j,$$

$H_j^{(0)}$ étant l'hamiltonien du corpuscule (j) supposé seul. En identifiant les temps des deux corpuscules, on obtient une équation de la forme

$$\frac{\partial}{\partial ct}\Psi = (H_1^{(0)} + H_2^{(0)} + R)\Psi \tag{3}$$

avec

$$R = (R_1 + R_2)_{t_1 = t_2}.$$

Nous admettrons que l'équation (3) ainsi obtenue est valable, que le système dont on est parti soit compatible ou non lorsqu'on suppose les temps t_1 et t_2 distincts, et que les opérateurs R_1 et R_2 doivent être tels que les équations (2) soient invariantes par la transformation de Lorentz. Pour un système de deux corpuscules de spin 1/2, nous trouvons alors pour l'opérateur d'interaction R une expression de la forme

$$\begin{aligned} R = \Big[& A_1\alpha_4^{(1)} + A_2\alpha_4^{(2)} + (B_1\alpha_4^{(1)} + B_2\alpha_4^{(2)})\vec{\alpha}^{(1)}\vec{\alpha}^{(2)} \\ & + (C_1\alpha_4^{(1)} + C_2\alpha_4^{(2)})\vec{s}^{(1)}\vec{s}^{(2)} + (D_1\alpha_4^{(1)} + D_2\alpha_4^{(2)})\alpha_5^{(1)}\alpha_5^{(2)}\Big]\delta(r), \end{aligned}$$

$\vec{s}^{(1)}$ et $\vec{s}^{(2)}$ désignant les spins des deux corpuscules, r leur distance. Cette formule ne tient pas compte de la symétrie de l'interaction par rapport aux deux corpuscules. Si l'on tient compte du fait que, physiquement, on ne sait pas comment l'énergie d'interaction se répartit entre les corpuscules, il faut que l'opérateur R puisse s'obtenir à partir de deux opérateurs R_1 et R_2 dont on peut échanger les rôles, c'est-à-dire que l'on doit pouvoir porter R_2 dans H_1 et R_1 dans H_2, en conservant l'invariance du système (2). Il en résulte des relations entre les coefficients A_1, B_1, C_1, D_1, A_2, B_2, C_2, D_2, et nous avons finalement à un facteur constant près,

$$R = (\alpha_4^{(1)} + \alpha_4^{(2)})\left(1 + \vec{\alpha}^{(1)}\vec{\alpha}^{(2)}\right)(1 + \alpha_5^{(1)}\alpha_5^{(2)})\,\delta(r).$$

En utilisant une certaine généralisation de la transformation de Lorentz où ne figure qu'un temps pour tout le système au lieu d'un temps pour chaque corpuscule, nous avions trouvé, en collaboration avec M. Jean-Louis Destouches (¹), une autre expression pour l'opérateur d'interaction de deux corpuscules. A part le remplacement de la fonction $\delta(r)$ par une fonction $f(r)$ plus générale, l'expression trouvée précédemment se déduit de celle indiquée ici par une multiplication par $(\alpha_4^{(1)} + \alpha_4^{(2)})$.

Suivant que l'on emploie un temps pour chaque corpuscule ou un temps unique pour le système, le temps n'a pas tout à fait la même signification en ce qui concerne les mesures portant sur l'état interne du système, et il peut

(¹) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 473.

s'introduire des différences dans la représentation de certaines grandeurs physiques. Suivant la représentation adoptée, à des mesures précises et simultanées effectuées sur les corpuscules d'un système par un observateur donné, correspondent pour un autre observateur, soit des mesures précises mais en général, non simultanées, soit des mesures simultanées mais imprécises.

Dans tous les cas on n'a qu'une représentation approximative de la réalité, car on n'est pas arrivé à tenir compte de manière rigoureuse du fait que, comme le montre par exemple la théorie ondulatoire des signaux [2], l'instant où l'on effectue une mesure est toujours affecté d'une certaine indétermination.

THÉORIE DE LA RELATIVITÉ. — *ds^2 d'Univers dans la matière en mouvement.* Note de M. **Pierre Dive**, présentée par M. Jean Chazy.

Nous nous proposons d'exprimer le ds^2 donnant la structure géométrique de l'éther, dans le tube d'Univers d'un corpuscule doué de symétrie sphérique, en translation uniforme, en fonction de la densité ρ et de sa vitesse u.

A l'intérieur du corpuscule (foyer d'énergie quasi ponctuel) nous considérons les coordonnées spatiales ξ^a (dans le repère Σ lié au foyer) [1], au voisinage du centre de symétrie Ω, comme des quantités infiniment petites. Dans ces conditions, nous avons obtenu la forme des potentiels de gravitation $\varpi^{\alpha\beta}$ réduits au second ordre

$$(1)\quad \begin{cases} \varpi^{aq} = \alpha(\delta^{aq} - \lambda\xi^a\xi^q) & (a,\ q \neq 4,\ \delta^{aq} : \text{symbole de Kronecker}), \\ \varpi^{b4} = 0 \quad (b : 2, 3), & \varpi^{14} = i\varkappa g^{44}(x) \quad (\varkappa = u/c), \\ \varpi^{44} = \dfrac{2}{\gamma}\,\dfrac{\tau}{1+\tau}\left[1 + \dfrac{1}{2}(1+\tau)\nu r^2 - 2\lambda\,\dfrac{\tau^2}{1+\tau}\,\varphi^2(\xi^1)^2\right], \end{cases}$$

avec $\varpi_{44} = \gamma(1 - \nu r^2)$, $\varphi^2 = \varkappa^2/\alpha\gamma$, $\tau^{-1} = \sqrt{1 + 4\varphi^2}$.

Pour passer de Σ au repère S fixe dans l'éther, la transformation de Galilée [2] $\xi^1 = x^1 + i\varkappa x^4$, $\xi^2 = x^2$, $\xi^3 = x^3$, $\xi^4 = x^4$ nous donne d'abord (en ajoutant la condition $g^{a4}(x) = 0$ $(a \neq 4)$ du retour inverse des ondes),

$$(2)\quad \begin{cases} g^{11} = \varpi^{11} + \varkappa^2\varpi^{44}, & g^{44} = \varpi^{44} = g_{44}^{-1}, \\ g^{pq} = \varpi^{pq} \quad (p \text{ ou } q \neq 1), & g^{a4} = 0 \quad (a \neq 4). \end{cases}$$

Nous évitons le laborieux calcul, sous forme finie, des $g_{ab}(x)$ en fonction des $g^{\gamma\delta}(x)$, en utilisant l'identité connue

$$(3)\quad \partial_q g^{\gamma\delta} = -\,g^{\gamma\lambda} g^{\delta\mu}\,\partial_q g_{\lambda\mu},$$

---

[2] J.-L. Destouches, *Principes fondamentaux de physique théorique*, Paris, 1942.

[1] Dans le but de simplifier la typographie de cette Note nous avons en partie changé les notations de nos précédentes Notes (*Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 262).

[2] Rappelons que nous pourrions utiliser le groupe plus général des déplacements cayleyiens.

réduite au premier ordre ([3]). Toutes intégrations faites, on obtient au second ordre

$$(4)\quad \begin{cases} g_{11} = \dfrac{\tau}{\alpha}\left[1 + \dfrac{1-\tau}{1+\tau}(1 - \nu r^2) + \lambda(x^1 + i\varkappa x^4)^2\right] & (x^4 = ict), \\ g_{1b} = 2\dfrac{\lambda}{\alpha}\,\dfrac{\tau}{1+\tau}(x^1 + i\varkappa x^4)x^b \quad (b:2,\,3), & g_{bc} = \dfrac{1}{\alpha}(\delta_{bc} + \lambda x^b x^c) \quad (c:2,\,3), \\ g_{a4} = 0, \qquad g_{44} = \dfrac{\gamma}{2}\left(1 + \dfrac{1}{\tau}\right)\left[1 - \dfrac{1}{2}(1+\tau)\nu r^2 + 2\lambda\dfrac{\tau^2}{1+\tau}\nu^2(x^1 + i\varkappa x^4)^2\right]. \end{cases}$$

Les formules (3) et (4) permettent le calcul du tenseur sans divergence d'Einstein-Cartan $L_\alpha^\beta \equiv R_\alpha^\beta - (1/2)\, g_\alpha^\beta R$ au centre du corpuscule, c'est-à-dire à l'ordre o en ξ^0. Il est, en effet, facile de vérifier au moyen de ces formules que les symboles de Christoffel $\Gamma_{\alpha\beta}^\gamma$ sont nuls ou du premier ordre au moins; de sorte qu'à l'ordre o

$$(5)\qquad R_\beta^\gamma = \frac{1}{2} g^{\gamma\gamma} g^{\delta\delta}(\partial_{\delta\delta} g_{\beta\gamma} + \partial_{\beta\gamma} g_{\delta\delta} - \partial_{\delta\gamma} g_{\beta\delta} - \partial_{\beta\delta} g_{\delta\gamma}).$$

Dans Σ, on trouve, en particulier, pour le *courant d'énergie* Θ_4^a, lié au tenseur sans divergence Λ_α^β par la relation $\Lambda_4^a = A\Theta_4^a$,

$$(6)\qquad \Theta_4^1 = 2i\frac{\alpha}{A}\varkappa\tau\left(\nu - \frac{\lambda}{1+\tau}\right), \qquad \Theta_4^b = 0 \qquad (b:2,\,3).$$

Comme ces composantes doivent être nulles dans le repère de repos Σ, il faut ou bien $\varkappa = 0$ (exclu ici), ou bien

$$(7)\qquad \lambda = \nu(1+\tau).$$

En tenant compte de cette condition, on obtient, après d'assez longs calculs,

$$(8)\quad \begin{cases} \Lambda_p^q = -3\,\delta_p^q \alpha\nu\left(1 + \dfrac{\tau}{3}\right) & (\delta_p^q : \text{symbole de Kronecker}), \\ \Lambda_1^4 = i\alpha\nu\dfrac{1-\tau}{\varkappa}, \qquad \Lambda_b^4 = 0 & (b:2,\,3), \\ \Lambda_4^q = 0, \qquad \Lambda_4^4 = -3\alpha\nu(1+\tau), \end{cases}$$

L'équation aux $p_{(\lambda)}$: $(\Lambda_\alpha^\beta - Ap\varpi_\alpha^\beta) : = 0$ ([4]), donne alors

$$p_1(\Omega) = p_2(\Omega) = p_3(\Omega) = p, \qquad p_4 = \rho.$$

et

$$(9)\qquad \lambda = -\frac{1}{3}\,\frac{A}{\alpha}\rho, \qquad \nu = -\frac{1}{3}\,\frac{A}{\alpha}\,\frac{1}{1+\tau}\rho, \qquad p = \frac{1}{3}\,\frac{3+\tau}{1+\tau}\rho.$$

Ainsi λ, ν, p sont exprimés en fonction des données mécaniques ρ et $\varkappa$ propres au corpuscule et des coefficients α et γ qui dépendent des conditions de raccord avec le champ extérieur. Le tableau (4) donne alors l'expression du ds^2 dans le tube d'Univers du corpuscule, en fonction de ces quantités.

([3]) On peut obtenir directement g_{11} par la relation $g_{44} = \varpi_{44} + \varkappa^2 g_{11}$.

([4]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 232.

En particulier, pour le cas limite du mouvement nul ($\varkappa \rightarrow 0$, $\tau \rightarrow 1$), on trouve, en coordonnées polaires ([5]),

$$ds^2 = \frac{1}{\alpha}\left(1 - \frac{1}{3}\frac{A}{\alpha}\rho r^2\right) dr^2 + \frac{1}{\alpha} r^2(\sin^2\theta \, d\varphi^2 + d\theta^2) - \gamma c^2 \left(1 + \frac{1}{6}\frac{A}{\alpha}\rho r^2\right) dt^2.$$

Cette solution est comprise dans la solution générale de J. Haag pour le cas du repos permanent ([6]).

ASTROPHYSIQUE. — *Mesures spectrophotométriques sur le spectre du ciel nocturne* (λλ 4600-3100). Note ([1]) de M. **Daniel Barbier**.

1. Des spectres du ciel nocturne aux distances zénithales 10° et 80° ont été obtenus à l'Observatoire de Haute-Provence. Ils ont été étalonnés spectrophotométriquement. Par suite de très longues durées de pose, les méthodes d'étalonnage sont assez difficiles à mettre en œuvre et les résultats ne sont pas d'une très haute précision. En ce qui concerne la comparaison des spectres des deux distances zénithales, tout au moins, les erreurs photométriqnes ne peuvent être importantes, car dans le domaine spectral étudié (λλ 4600-3100 Å) les noircissements sont presque identiques.

2. Le contour des bandes de Herzberg de l'oxygène a été corrigé de l'effet instrumental. Il peut s'expliquer par une température des couches luminescentes comprise entre —50 et —100° C. La limite supérieure est en accord avec les déterminations de Vegard et Tønsberg ([2]) relatives aux bandes de N_2^+ dans l'aurore polaire et aux observations de Cabannes et Dufay ([3]) des bandes de Vegard-Kaplan du ciel nocturne.

3. La comparaison des spectres pris aux deux distances zénithales permet de déterminer l'altitude d'émission des bandes en utilisant la méthode déjà publiée ([4]) pour l'application des corrections de diffusion.

On trouve que les bandes de Vegard-Kaplan de N_2 sont émises à une altitude nettement supérieure à l'altitude à laquelle sont émises les bandes de Herzberg de O_2. Ce résultat ne paraît pas pouvoir être entaché par des erreurs photométriques. Les altitudes d'émission seraient de 900^{km} pour N_2 et de 350^{km} pour O_2. Cette dernière altitude paraît assez constante alors que la première semble varier.

([5]) La densité ρ étant supposée positive, la force gravifique doit être négative (Newton), tandis que la force des tensions $\Phi^a = \rho\alpha\nu(1 - \lambda r^2/1 - \nu r^2)\xi^a$, qui l'équilibre, doit être positive. On en déduit $\nu > 0$, donc $A < 0$ (avec $\alpha, \gamma > 0$).

([6]) *Mémorial des Sciences Mathématiques*, fasc. XLVI, p. 15.

([1]) Séance du 24 février 1947.

([2]) *Geofys. Publik.*, $\mathbf{9}_{11}$, 1932; $\mathbf{11}_2$, 1935; $\mathbf{12}_3$, 1938.

([3]) *Annales de Géophysique* (sous presse.)

([4]) *Annales de Géophysique*, **2**, 1944, p. 144.

4° *L'altitude équivalente* d'émission du fond continu s'abaisse assez régulièrement de 1600^{km} à 4500 Å pour devenir égale à celle des bandes de Vegard-Kaplan à 4000 Å et de 500^{km} environ vers 3500 Å. Ceci montre, comme je l'avais prévu antérieurement ([4])([5]), et comme cela avait été mesuré par Dufay et Tcheng Mao-Lin ([6]), qu'une partie appréciable de la lumière du fond continu provient de notre atmosphère. Il paraît tout à fait évident qu'elle est constituée par les ailes des bandes intenses; c'est en effet un moyen simple d'expliquer la discontinuité importante du spectre continu qui prend place vers 4000 Å, c'est-à-dire à l'endroit du spectre où les bandes de Vegard-Kaplan commencent (lorsqu'on va vers les grands λ) à devenir intenses.

5. On calcule que vers 4500 Å et 3700 Å, 1/3 seulement de la lumière du *spectre continu* provient de l'extérieur de notre atmosphère, 2/3 sont formés dans le premier cas par les ailes des bandes de Vegard-Kaplan et dans le deuxième cas par les ailes des bandes de Herzberg. Rappelons que pour des longueurs d'onde de l'ordre de 5500-6000 Å, Dufay et Tcheng Mao-Lin ([6]) avaient trouvé une plus grande proportion (2/3) de lumière extra-terrestre.

6. Il n'est plus difficile maintenant de réconcilier les mesures de la brillance photographique du ciel nocturne avec les causes connues. Si cette brillance est dénotée 100, on attribue une brillance de 20 aux raies proprement dites, des 2/3 du reste, soit 53 aux ailes des raies, de 15 à la brillance due à l'extension de la lumière zodiacale déduite par Dufay des mesures polarimétriques ([7]), ce qui laisse une brillance de 12 à attribuer à la lumière des étoiles faibles, résultat à comparer au calcul de Dufay et Wang Shih-Ky ([8]) qui avaient obtenu 15 à 22 d'après les dénombrements stellaires. Étant donné que certaines des approximations utilisées ci-dessus sont loin d'être précises, on peut considérer que l'accord est maintenant réalisé.

GÉODÉSIE. — *Nouvelles mesures de l'intensité de la pesanteur en Algérie. Mise en évidence d'une corrélation sismo-gravimétrique.* Note ([1]) de M. **Jean Lagrula**, présentée par M. Pierre Lejay.

Le tableau ci-contre présente les résultats obtenus durant le deuxième semestre 1946 au moyen du gravimètre Holweck-Lejay de l'Observatoire d'Alger. Les notations sont conformes aux prescriptions du Comité national de Géodésie. Les nombres des colonnes g, g_0, g_0'', γ_0, γ_0' sont les appoints en

([5]) *Annales de Géophysique*, 3, 1945, p. 224.

([6]) *Note préliminaire du Laboratoire National de Radioélectricité*, n° 80, 1946.

([7]) *Bulletin de l'Observatoire de Lyon*, 10$_9$, 1928, p. 159, ou *Thèse*.

([8]) *Journal des Observateurs*, 18, 1935, p. 193, ou *Publ. Obs. Lyon*, 1$_{13}$.

([1]) Séance du 24 février 1947.

Stations.	Longitude Greenwich.	Latitude.	Altitude.	Densité.	g.	g_0.	g''_0.	γ_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma_0$.	$g''_0-\gamma_0$.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$
	° '	° '	m		mgals	mgals	mgals	mgals	mgals	mgals	mgals	mgals	mgals
Aïn Skrouna	0 50,2 E	34 30,3	1000	2,5	442	751	646	688	704	+ 63	− 42	+ 47	− 58
Grib	2 33,9	36 09,7	457	2,5	726	867	819	829	844	+ 38	− 10	+ 23	− 25
Tafraoua	0 11,3	34 35,7	1152	2,5	422	778	657	696	712	+ 82	− 39	+ 66	− 55
Le Kreider	0 04,1	34 09,0	992	2,5	399	705	601	658	674	+ 47	− 57	+ 31	− 73
Zouireg	0 45,7	33 45,9	1239	2,5	314	696	566	626	642	+ 70	− 60	+ 54	− 76
Bou-Alam	1 32,2	33 44,2	1304	2,5	293	695	558	624	640	+ 71	− 66	+ 55	− 82
El-Kerakiz	1 21,4	33 37,8	1340	2,5	266	679	539	615	631	+ 64	− 76	+ 48	− 92
Bel-Hattab	0 42,4	34 00,8	1080	2,5	366	699	586	646	662	+ 53	− 60	+ 37	− 76
Sfissifa	0 32,5	34 08,8	1040	2,5	406	728	619	658	674	+ 70	− 39	+ 54	− 55
Sedjra	0 42,8	34 13,3	1023	2,5	406	722	615	664	680	+ 58	− 49	+ 42	− 65
Aïn-Souen	1 01,5	34 11,7	1040	2,5	402	723	614	662	678	+ 61	− 48	+ 45	− 64
Kreneg-es-Soug	1 15,9	34 12,4	1099	2,5	394	733	618	663	679	+ 70	− 45	+ 54	− 61
Bou-Grara	1 14,9	33 59,6	1197	2,5	336	705	580	645	661	+ 60	− 65	+ 44	− 81
Brézina	1 15,9	33 05,9	887	2,5	317	591	498	571	587	+ 20	− 73	+ 04	− 89
Ghassoul	1 11,9	33 22,9	1152	2,5	277	633	512	594	610	+ 39	− 82	+ 23	− 98
Aïn-el-Orack	0 44,1	33 24,6	1292	2,5	241	640	504	596	612	+ 44	− 92	+ 28	−108
Arba-Tahtani	0 35,0	33 05,5	1054	2,5	287	612	502	570	586	+ 42	− 68	+ 26	− 84
El-Abiod-Sidi-Cheik	0 33,1	32 53,6	914	2,5	283	565	469	554	570	+ 11	− 85	− 05	−101
Alfaville	0 19,5	33 51,4	1163	2,5	333	692	570	634	650	+ 58	− 64	+ 42	− 80
Bouktoub	0 05,3	34 02,1	998	2,5	392	700	595	648	664	+ 52	− 53	+ 36	− 69
El-Biod	0 07,4 W	33 46,0	1040	2,5	363	684	575	626	642	+ 58	− 51	+ 42	− 67
Aïn-Balloul	0 28,3 E	34 59,3	1015	2,5	491	804	698	729	745	+ 75	− 31	+ 59	− 47
Km 50	0 34,2	35 12,7	622	2,5	612	804	739	747	763	+ 57	− 08	+ 41	− 24
Frenda	1 02,9	35 03,8	1014	2,5	487	800	694	735	751	+ 65	− 41	+ 49	− 57
Trézel	1 29,5	35 11,4	1080	2,5	489	822	709	746	762	+ 76	− 37	+ 60	− 53
Molière	1 37,3	35 51,3	995	2,5	562	869	765	802	818	+ 67	− 37	+ 51	− 53
Francis Garnier	1 32,7	36 32,0	188	2,5	892	950	930	861	876	+ 89	+ 69	+ 74	+ 54
Port-Gueydon	4 25,3	36 53,6	30	2,6	987	996	993	892	907	+104	+101	+ 89	+ 86
Boudjima	4 09,6	36 48,7	372	2,6	898	1014	973	886	901	+128	+ 87	+113	+ 72
Dellys	3 55,0	36 55,0	5	2,6	991	993	992	895	910	+ 98	+ 97	+ 83	+ 82
Aghrib	4 19,3	36 48,3	567	2,6	855	1030	968	885	900	+145	+ 83	+130	+ 68
Blérouna	4 18,7	36 53,8	3	2,6	992	993	993	893	908	+100	+100	+ 85	+ 85
Sidi Aïssa	3 46,6	35 53,0	668	2,5	628	833	763	799	814	+ 34	− 36	+ 19	− 51
Oued el Leham	4 16,5	35 37,7	456	2,5	624	765	717	784	799	− 19	− 67	− 34	− 82
Msila	4 32,8	35 42,2	476	2,5	608	755	705	790	805	− 35	− 85	− 50	−100
Ksob	4 34,2	35 50,0	560	2,5	627	800	741	801	816	− 01	− 60	− 16	− 75
Ben-Soucha	4 43,3	35 37,7	432	2,5	613	747	701	784	799	− 37	− 83	− 52	− 98
Souk Ouled Nadjia	5 02,3	35 39,3	598	2,5	585	769	706	786	801	− 17	− 80	− 32	− 95
Barika	5 22,0	35 23,0	476	2,5	581	728	678	762	778	− 34	− 84	− 50	−100
M'Doukal	5 10,4	35 07,6	405	2,5	609	734	691	740	756	− 06	− 49	− 22	− 65
Aïn-el-Mfila	5 27,8	35 12,7	548	2,5	564	733	676	748	764	− 15	− 72	− 31	− 88
Jezzar Nord	5 17,9	35 33,1	608	2,5	566	753	689	777	792	− 24	− 88	− 39	−103
Oued Zef Zef	4 53,2	35 05,6	636	2,5	570	766	699	737	753	+ 29	− 38	+ 13	− 54
Ras-el-Aïoun	5 39,3	35 40,6	882	2,6	550	823	726	788	803	+ 35	− 62	+ 20	− 77
Zana	6 04,1	35 47,0	811	2,6	581	832	743	797	812	+ 35	− 54	+ 20	− 69
Aïn-Mlila	6 34,5	36 02,2	776	2,6	633	873	788	819	834	+ 54	− 31	+ 39	− 46
Luteaud	6 39,9	35 43,5	861	2,6	582	848	754	792	807	+ 56	− 38	+ 41	− 53
Aïn-Fakroun	6 52,6	35 58,6	908	2,6	601	881	782	814	829	+ 67	− 32	+ 52	− 47
Levasseur	6 17,8	35 53,7	818	2,6	603	856	766	807	822	+ 49	− 41	+ 34	− 56
Aïn-Kercha	6 42,0	35 55,7	821	2,6	601	855	765	809	824	+ 46	− 44	+ 31	− 59
Bertaux	6 08,1	36 04,7	787	2,6	638	881	795	823	838	+ 58	− 28	+ 43	− 43
Ferme Bel Air	6 22,9	36 15,4	770	2,6	673	911	827	838	853	+ 73	− 11	+ 58	− 26
Mila	6 15,9	36 27,1	461	2,6	763	905	855	855	870	+ 50	0	+ 35	− 15
Djemila	5 44,4	36 25,1	932	2,6	638	926	824	852	867	+ 74	− 28	+ 59	− 43
Tocqueville	5 02,0	35 56,8	1104	2,6	543	883	763	811	826	+ 72	− 48	+ 57	− 63

milligals à la valeur 979,000. Les corrections topographiques n'ont pas encore été calculées.

Le premier groupe de stations, relatif à la région du Chott Chergui, permet de constater un crochet accusé des lignes isanomales vers le Sud-Est, en direction de Géryville. Une campagne prévue pour cette année précisera l'allure du phénomène.

Le deuxième groupe, cinq stations situées dans le nord de la Kabylie, complète le réseau général en cette région et ne comporte pas de singularité notable.

Le troisième groupe concerne une campagne affectée dans la région du Chott El Hodna. Il met en évidence une zone d'anomalies négatives très importantes, dont le maximum en valeur absolue s'observe le long d'une bande assez étroite, s'étendant de Msila à Barika. Comme il s'agit d'un vaste plateau, d'altitude modeste, la singularité résistera aux corrections topo-isostatiques.

En comparant les isanomales aux isoséistes du tremblement de terre de février 1946, tracées par M. Veselowsky avant les mesures gravimétriques, on est frappé par la concordance de ces deux familles de courbes, qui semblent n'en faire qu'une si l'on fait subir aux isanomales un décalage de 10^{km} environ vers le Nord. Une telle translation fait songer aux résultats de Kosmatt ([2]) pris comme arguments en faveur des dérives continentales. Quoi qu'il en soit nous avons affaire à une liaison étroite entre un phénomène sismique et les anomalies de la pesanteur. L'examen approfondi de cette corrélation nécessite de nouvelles campagnes gravimétriques, dans le massif de l'Aurès et dans la chaîne des Bibans. Un resserrement du réseau magnétique dans le bassin du Hodna est très souhaitable.

THERMODYNAMIQUE. — *Tonométrie des vapeurs denses.* Note ([1]) de M. **Jean Brodin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Tout processus réversible de formation ou d'analyse d'un mélange peut servir à déterminer son entropie et les fonctions qui en dépendent : énergie utilisable, fugacités. L'entropie d'une solution peut se déduire de la courbe cryoscopique et des chaleurs de fusion ([2]).

Les fugacités sont égales aux pressions partielles dans une vapeur supposée parfaite ([2]); dans les vapeurs presque parfaites, elles sont calculables ([3]). Nous étudions ici les vapeurs denses, jusqu'aux états critiques. Les résultats concordent avec les fugacités déduites de la compressibilité des gaz ([4]).

([2]) Wegener, *La Genèse des continents et des océans*, 1937, p. 150.

([1]) Séance du 17 février 1947.

([2]) Darmois, *Solutions* (*J. de Physique*, 4, 1943, pp. 129 et 233; 5, 1944, pp. 25 et 73).

([3]) Scatchard, *Chloroform-ethanol* (*J. Am. Chem. Soc.*, 1938); *Benzene-cyclohexane* (*J. Phys. Chem.*, 1939, etc.).

([4]) Gillespie, *J. Am. Chem. Soc.*, 1926; *Phys. Rev.*, 1929.

Notations. — Une phase de volume V, température absolue T, pression p, étant composée de N_1 et N_2 moles de constituants respectifs B_1 et B_2, appelons $(N = N_1 + N_2)$:

Concentrations, $C_1 = N_1/V$; $c_2 = N_2/V$; concentration totale $c = N/V = c_1 + c_2$;

Titres molaires, $x_1 = N_1/N = c_1/c$; $x_2 = N_2/N = c_2/c = 1 - x_1$.

Soient U l'énergie, S l'entropie; appelons énergie utilisable $A = U - TS$ et potentiels chimiques molaires

$$\mu_1 = \frac{\partial A(N_1, N_2, V, T)}{\partial N_1}, \qquad \mu_2 = \frac{\partial A}{\partial N_2}.$$

On entend par fugacités (R, constante des gaz)

$$f_1 = K_1(T)\exp\left(\frac{\mu_1}{RT}\right), \qquad f_2 = K_2(T)\exp\left(\frac{\mu_2}{RT}\right).$$

La fonction K(T) étant, pour chaque constituant pur gazeux, la limite de $p\exp(-\mu/RT)$ pour V infini ([2]), la fugacité égale la pression pour un gaz pur parfait.

Le liquide sera désigné par un accent ($'$), la vapeur par deux ($''$).

Relation de Gibbs et Duhem à température constante. — Cette relation

$$N_1\, d\mu_1 + N_2\, d\mu_2 = V\, dp - S\, dT$$

s'écrit, *à température constante* : $c_1\, d\mu_1 + c_2\, d\mu_2 = dp$ et, pour deux phases en équilibre, de même pression et de mêmes potentiels

$$c'_1\, d\mu_1 + c'_2\, d\mu_2 = dp; \qquad c''_1\, d\mu_1 + c''_2\, d\mu_2 = dp.$$

Faisons varier par exemple le titre x'_2 du liquide, à température constante : la pression p, le titre x''_2 de la vapeur, les concentrations c' et c'' varient : de leurs variations, nous saurons déduire celles des potentiels chimiques

$$\mu_1 = \int \frac{-c'_2 + c''_2}{c'_1 c''_2 - c'_2 c''_1}\, dp; \qquad \mu_2 = \int \frac{c'_1 - c''_1}{c'_1 c''_2 - c'_2 c''_1}\, dp;$$

et des fugacités

$$(1) \qquad RT\,\mathrm{Ln}\frac{f_1}{f_1^0} = \int_{p_1^0}^{p} \frac{-c'_2 + c''_2}{c'_1 c''_2 - c'_2 c''_1}\, dp; \qquad RT\,\mathrm{Ln}\frac{f_2}{f_2^0} = \int_{p_2^0}^{p} \frac{c'_1 - c''_1}{c'_1 c''_2 - c'_2 c''_1}\, dp$$

f_1^0 et p_1^0 fugacité et pression dans l'équilibre liquide-vapeur du constituant B_1 pur à t^0K; de même f_2^0 et p_2^0 pour B_2.

Équilibres liquide-vapeur méthane-propane. — Le tableau ci-après, colonne 2 à 5 résume, avec nos notations, les données de Sage ([3]) concernant les équilibres, liquide-vapeur méthane-propane à 55°C.; x_2, titre molaire en méthane; à cette température, le point critique est $x_2 = 0{,}443$; $p = 82{,}7$ atm. La colonne 7 donne la fugacité f_1 du propane dans l'équilibre d'après la première intégrale (1), en prenant $f_1^0 = 14{,}56$ atm. La colonne 8 la donne d'après la compressibilité des mélanges ([4]).

([3]) *Ind. Eng. Chem.*, **26**, 1934, pp. 214.

TABLEAU I. — *Équilibres liquide-vapeur* $C_3H_8-CH_4$ *à* 55°C.

p (atm.).	% mol CH_4 liq. $100x'_2$.	vap. $100x''_2$.	$\frac{p}{RTc'}$ liq.	$\frac{p}{RTc''}$ vap.	$\left(\frac{d\log f_1}{d\log p}\right)$.	f_1 C_3H_8 (atm.).	(Gillespie).
19,2*	0	0	0,071	0,687	−0,0	14,56	14,56
30	5,5	29,2	0,111	0,727	−0,037	14,45	14,45
40	10,8	40,1	0,149	0,720	−0,061	14,24	14,30
50	16,7	47,0	0,189	0,690*	−0,080	14,02	14,08
60	22,8	51,1	0,232	0,649	−0,095	13,80	13,88
70	29,2	52,4	0,285	0,600	−0,108	13,58	13,59
80	37,5	50,1	0,367	0,517	−0,119	13,38	13,19

* Valeurs interpolées ou extrapolées.

Fugacités et compressibilité. — Les valeurs de f_1 (colonne 8) ont été calculées par les formules de Gillespie ([4]) qui peuvent s'écrire $[p = RT(c - c^2\varepsilon)]$

$$f_1 = RTcx_1 \exp\int_0^c -\left(2\varepsilon + c\frac{\partial\varepsilon}{\partial c} - x_2\frac{\partial\varepsilon}{\partial x_2}\right)dc;$$

$$f_2 = RTcx_2 \exp\int_0^c -\left(2\varepsilon + c\frac{\partial\varepsilon}{\partial c} + x_1\frac{\partial\varepsilon}{\partial x_2}\right)dc.$$

Les données de Sage ([6]) sur la compressibilité des mélanges méthane-propane à 55°C., ont été représentées empiriquement jusqu'à $c = 8$ (unités : mol/l) par

$$\varepsilon = \varepsilon_1 x_1 + \varepsilon_2 x_2 - \eta x_1 x_2, \qquad \varepsilon_1 = 0{,}323 - 0{,}0230c, \qquad \varepsilon_2 = 0{,}0335 - 0{,}00245c;$$
$$\eta = 0{,}188 - 0{,}0180c.$$

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur la théorie mathématique des machines polyphasées tournantes.* Note ([1]) de M. **François-H. Raymond.**

Nous étudions une machine dont l'entrefer séparant l'induit de l'inducteur est partout le même. Nous négligerons, pour l'instant, les perturbations provenant des encoches.

Sont en présence, deux bobinages : l'un est porté par le rotor (l'inducteur par exemple), l'autre est porté par le stator (l'induit). Soit $2m$ le nombre de pôles de la machine (les deux bobinages ont une symétrie d'ordre m par rapport à l'axe de la machine). Soit ω_s la pulsation de synchronisme de la machine, reliée à sa vitesse angulaire Ω par la relation $\omega_s = m\Omega$.

La machine est polyphasée : n phasée, si le bobinage induit comporte n bobinages identiques, répartis le long du stator et tels que l'on passe de la $i^{\text{ième}}$ phase à la $(i+1)^{\text{ième}}$ par une rotation $2\pi/(m.n)$.

([6]) *Ind. Eng. Chem.*, **26**, 1934, p. 1218.

([1]) Séance du 27 janvier 1947.

Nous supposerons que le coefficient d'induction entre une phase de l'induit et l'inducteur est une fonction sinusoïdale de θ de la forme suivante :

$$(1)\qquad m_i = \mathrm{M}\cos\left[\omega_s t - \frac{2\pi(i-1)}{n}\right] \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

M étant sa valeur maximum, i le numéro de la phase considérée.

Des courants de pulsation ω circulent dans les n phases, le glissement est $(\omega - \omega_s)/\omega_s$.

Soient i^i le courant dans la $i^{\text{ième}}$ phase, x^i la quantité complexe correspondante, telle que

$$(2)\qquad i^i = x^i e^{j\omega t} + x^{i*} e^{-j\omega t}.$$

Nous appellerons v^i la différence de potentiel entre les deux bornes de la $i^{\text{ième}}$ phase, que nous mettrons sous la même forme que i^i en remplaçant x^i par u^i; elle comprend en plus des forces électromotrices de pulsations différentes de ω. Si Z est la matrice impédance de l'induit en présence de l'inducteur en circuit ouvert, on a ([2])

$$(3)\qquad \vec{u} = (\mathrm{Z})\vec{x},$$

$\vec{u}$ étant le vecteur de composantes u^i et $\vec{x}$ celui de composantes x^i; Z est une matrice polyphasée symétrique ([2]).

Appliquons la méthode géométrique déjà exposée ([3]). Chaque phase de l'induit est traversée par un flux Φ dont l'expression est $\Phi_i = m_i y$, y étant le courant dans l'inducteur. Soit z l'impédance isochrone de l'inducteur ([4]). Le courant imposé est y_1 et le courant y_2 est produit par les courants induits.

Appelons vecteur $\vec{m}$ le vecteur dont les composantes sont m_i. Le flux produit par les courants induits i^i à travers l'induit est égal au produit scalaire $\vec{m}.\vec{i}$

$$(4)\qquad \vec{m}.\vec{i} = \sum_{i=1}^{i=n} m_i i^i.$$

On pose

$$(5)\qquad \vec{m} = \vec{\mu}\, e^{j\omega_s t} + \vec{\mu}^* e^{-j\omega_s t}, \quad \mu_i = \frac{\mathrm{M}}{2} a^{-(i-1)}, \quad a = e^{\frac{2\pi}{n}j}, \quad j = \sqrt{-1}, \quad z_\pm = z\big(j(\omega \pm \omega_s)\big);$$

la loi d'Ohm, en notation complexe, pour le circuit inducteur fournit

$$(6)\qquad y_2 = \frac{-j(\omega + \omega_s)\vec{x}.\vec{\mu}\, e^{j(\omega+\omega_s)t}}{z_+} - \frac{j(\omega - \omega_s)\vec{x}.\vec{\mu}^*\, e^{j(\omega-\omega_s)t}}{z_-} + \text{conjuguée}.$$

([2]) F. Raymond, *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 450-452.

([3]) *Thèse*, 1945.

([4]) Cette impédance comprend celle de l'inducteur et celles des éléments extérieurs parcourus par le courant y_1, c'est donc l'impédance totale du circuit inducteur.

L'équation vectorielle de l'induit prend la forme

$$\vec{v} - \frac{d\vec{\Phi}}{dt} = (Z)\vec{i}, \tag{7}$$

qui comporte $\vec{m}(\vec{x}.\vec{\mu})$ et $\vec{m}(\vec{n}.\vec{x}^\star)$.

Or

$$\vec{m}(\vec{x}.\vec{\mu}) = A\vec{x}, \qquad \vec{m}(\vec{x}.\vec{x}^\star) = B\vec{x}, \tag{8}$$

les matrices A (et B) étant formées par les produits des composantes des vecteurs $\vec{m}$ et $\vec{\mu}$ ou $\vec{m}$ et $\vec{\mu}^\star$. Explicitement $A = (N)e^{j\omega t} + (\mathfrak{N})e^{j(\omega - 2\omega_s)t}$, $(N) = (\mu_i^\star \mu_j)$, $\mathfrak{N} = (\mu_i \mu_j)$; et l'on vérifie facilement que l'expression de B s'obtient en prenant les conjuguées des matrices N et $\mathfrak{N}$ et $-2\omega_s$ au lieu de $2\omega_s$. N est hermitique.

Finalement, équation du type (3) on a

$$\vec{u} = \left[Z(j\omega) + \frac{\omega(\omega + \omega_s)}{z_+}(N) + \frac{\omega(\omega - \omega_s)}{z_-}(N^\star) \right] \vec{x}, \tag{9}$$

Le fonctionnement d'une machine tournante polyphasée à entrefer constant, vu des bornes de son induit, est identique à celui d'un réseau de Kirchhoff dont la matrice impédance se compose d'une matrice symétrique polyphasée, et de deux matrices hermitiques.

Les différences de potentiel comprennent deux autres termes de pulsations $\omega + 2\omega_s$ et $\omega - 2\omega_s$ qui sont les composantes de deux vecteurs $\vec{u}_1$ et $\vec{u}_2$,

$$\vec{u}_1 = \frac{(\omega + \omega_s)(\omega + 2\omega_s)}{z_+}(\mathfrak{N})\vec{x},$$

$$\vec{u}_2 = \frac{(\omega - \omega_s)(\omega - 2\omega_s)}{z_-}(\mathfrak{N}^\star)\vec{x}.$$

La force électromotrice de la machine, due au courant d'excitation y_1, est le vecteur dont les composantes sont $y_1 \mu_i e^{j\omega_s t}$.

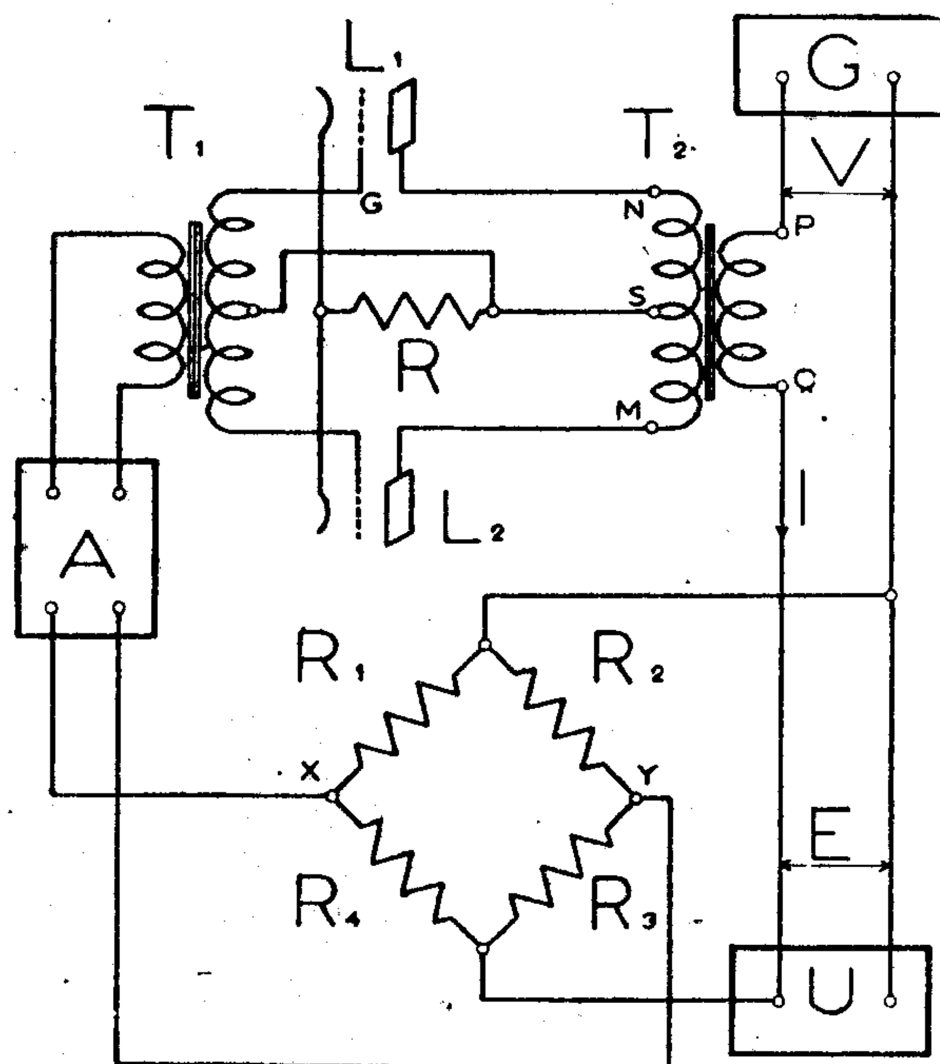
Les valeurs propres de N sont : $(k = 0, 1, \ldots, n-1)$, $\lambda_k^k = 0$, sauf $\lambda_{n-1}^{n-1} = n(M^2/4)$, celles de $N^\star$ sont $\lambda_k^k = 0$, sauf $\lambda_1^1 = n(M^2/4)$. On en déduit que seules les composantes symétriques ([5]) d'ordre 1 et $n-1$ de $\vec{u}$ et $\vec{x}$ sont liées par les valeurs propres des matrices N et $N^\star$.

([5]) Défini par la matrice de transformation

$$C = \frac{1}{\sqrt{n}}[a^{-(i-1)(j-1)}].$$

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Régulateur de tension alternative efficace.* Note [1] de M. **Louis Le Blan**, présentée par M. Jean Cabannes.

Un schéma de principe de l'appareil est donné sur la figure. Il a pour but de régulariser la tension efficace aux bornes de l'appareil d'utilisation U, résistance pure. Il est alimenté par le générateur G, de tension aux bornes V, à travers l'enroulement PQ, dont l'impédance apparente joue le rôle de rhéostat automatique.



L'automatisme est ainsi obtenu : un pont de Wheatstone $R_1R_2R_3R_4$ est connecté en parallèle sur U. R_1 et R_3 sont en alliage à faible coefficient de température, tandis que R_2 et R_4 sont en fil très fin de nickel tendu dans le vide, et s'échauffant notablement au passage du courant. L'équilibre du pont n'est alors réalisé que pour une valeur donnée E_0 de la tension E. On règle R_1 et R_3 de manière que E_0 soit la valeur désirée pour E. Pour $E \neq E_0$, une tension apparaît entre X et Y, dont la phase dépend du signe de $E - E_0$. Cette tension est amplifiée par un amplificateur à lampes A, avant d'être appliquée aux grilles des tubes L_1 et L_2 montés symétriquement. Pour caractériser cette partie de la chaîne régulatrice, on posera : $V_G - V_S = -\mathfrak{A}(E - E_0)$.

Au secondaire MN de T_2 existe une certaine tension alternative, due au courant I dans le circuit d'utilisation. Pour la simplicité de l'exposé, T_2 est supposé remplir les conditions du transformateur parfait. On donne au

[1] Séance du 17 février 1947.

déphasage de A une valeur telle que les tensions grille et plaque de L_1 et L_2 s'annulent en même temps. Dans ces conditions, l'impédance apparente de PQ est une résistance pure ρ'. En effet, grâce à la symétrie du montage de L_1 et L_2, ces tubes sont équivalents à une seule triode travaillant en un point du domaine linéaire. La résistance R, outre un effet de contre-réaction qui atténue la distorsion, permet le fonctionnement avec tensions grille et plaque en phase, tant que $V_G - V_S$ ne dépasse pas une certaine valeur, la tension aux bornes de R empêchant la grille de devenir positive par rapport à la cathode.

En désignant par μ et ρ, le coefficient d'amplification et la résistance interne des triodes, par m, le rapport du nombre de spires de la moitié de MN à celui de PQ, par k, le rapport $(V_G - V_S/V_N - V_S)$, par e et z, la force électromotrice et l'impédance du générateur, par e_0, la valeur de e pour laquelle $E = E_0$, et I_0 la valeur correspondante de I, il vient

$$E = E_0 + \frac{1}{1+\frac{g}{m}}\left[e - e_0 - \{I - I_0\}\left\{Z + \frac{\rho + R(\mu+1)}{m^2}\right\}\right].$$

Sur cette formule on voit que tout se passe comme si l'on avait affaire à un générateur fictif dont l'impédance interne serait, en posant $\alpha = 1 + g/m$,

$$Z' = \frac{1}{\alpha}\left[Z + \frac{\rho + R(\mu+1)}{m^2}\right].$$

Désignons par r la résistance de U, il vient

$$E = E_0 + \frac{e - e_0}{1 + \frac{g}{m} + \frac{1}{r}\left[Z + \frac{\rho + R(\mu+1)}{m^2}\right]}.$$

En général, pour une question de rendement, le facteur entre crochets au dénominateur est petit devant r. On peut donc écrire sensiblement

$$E - E_0 = \frac{e - e_0}{\alpha}.$$

En conclusion, l'action du générateur a pour effet de remplacer G par un générateur fictif dont l'impédance interne serait Z' et dont les fluctuations de force électromotrice seraient celles de G divisées par α. Le nombre α peut être rendu grand par un choix convenable de A, pour $g > 0$, ce qui implique un sens déterminé dans les connexions de la chaîne régulatrice. Si donc l'on sait réaliser un pont de Wheatstone très stable, il est possible, grâce à ce résultat, d'obtenir une tension E dont les fluctuations autour de la valeur E_0 soient très petites en valeur relative, qu'elles soient dues aux variations de e ou à une variation de r, c'est-à-dire de la puissance demandée au générateur.

En pratique, on est limité pour les valeurs de α par l'apparition d'oscillations spontanées. Nos expériences nous ont permis jusqu'à présent d'atteindre en

fonctionnement très stable $\alpha = 1000$, la constante de temps étant de l'ordre de quelques dixièmes de seconde. Exceptionnellement, nous sommes parvenu à $\alpha > 2000$. Nous avons étudié le processus d'entretien des oscillations qui fait intervenir la variation avec la fréquence du déphasage causé par l'amplificateur A.

Nous nous proposons d'appliquer une variante de ce dispositif à la stabilisation d'une tension continue par utilisation d'une tension alternative auxiliaire.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur une application de la Radiographie électronique à la détection de couches minces organiques ou minérales.* Note ([1]) de MM. **Jean-Jacques Trillat** et **Charles Legrand**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Dans des travaux antérieurs ([2]), l'un de nous a montré que l'effet photoélectrique des rayons X pouvait être utilisé pour l'obtention de radio-images produites par l'émission d'électrons secondaires. Sans revenir sur les principes déjà décrits de cette méthode, nous rappellerons simplement qu'elle permet, par la mesure de la densité photographique du cliché, de déterminer l'épaisseur des couches absorbantes interposées entre le radiateur et l'émulsion sensible ([3]).

Nous avons appliqué ceci à l'étude de la détection de couches organiques minces déposées à la surface d'un métal, et en particulier des couches grasses lubrifiantes sur des surfaces d'acier, en vue d'étudier la formation, la répartition et l'épaisseur de ces films notamment dans le processus de lubrification.

Le dispositif employé est le suivant : une plaque d'acier polie constitue le radiateur d'électrons secondaires; sur cette plaque, préalablement bien nettoyée, on dépose une quantité très faible d'un lubrifiant (graisse, acide gras, huile, etc.); un film à grain très fin (du type Lipmann) est placé au contact de la surface d'acier, le côté sensible étant disposé contre la couche grasse. L'ensemble est exposé au rayonnement X pénétrant d'un tube fonctionnant sous 180 kV, après filtration par 3^{mm}, de cuivre.

On vérifie bien entendu que le corps gras n'exerce pas d'influence sur le développement du film; pour cela, celui-ci est soigneusement lavé à l'alcool ou au benzène avant d'être placé dans le révélateur. Dans ces conditions, et pour des poses de quelques minutes à 30^{cm} de l'ampoule, on obtient des

([1]) Séance du 24 février 1947.

([2]) Jean-Jacques Trillat, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 833; **214**, 1942, p. 164; 216, 1943, p.683; *Bull. Soc. Électr.* III, 1943, p. 25; Jean-Jacques Trillat et Adrien Saulnier, *Comptes rendus*, **220**, 1945 p. 772; *Rev. Scient.*, **3244**, 1945, p. 211.

([3]) Adrien Saulnier, *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 876-878.

clichés qui montrent nettement la présence du corps gras sous forme de parties plus ou moins claires se détachant sur le fond noir produit par les photoélectrons émis par le fer. Ce procédé de *radiographie électronique*, déjà utilisé par nous dans d'autres cas ([2]), s'explique par l'absorption des photoélectrons au cours de leur passage à travers la couche grasse.

Nous avons effectué des essais avec des couches grasses d'épaisseurs connues, obtenues par dépôt sur la plaque d'acier de solutions titrées de suint, d'acide stéarique ou oléique, d'huile de graissage; les épaisseurs *moyennes*, déterminées d'après la surface occupée par le corps gras après évaporation du solvant, étaient comprises entre 1 et 3,5 microns. Les clichés obtenus, outre qu'ils décèlent avec une grande netteté la présence du corps gras, permettent d'effectuer des mesures précises de l'épaisseur de la couche en *chaque point* (d'après le noircissement photographique) et de donner une véritable topographie de celle-ci par microphotographie du cliché; les résultats sont particulièrement intéressants pour les corps cristallisés comme l'acide stéarique.

La méthode est utilisable pour des épaisseurs comprises entre un millième et quelques centièmes de millimètre, en bon accord avec les expériences de A. Saulnier ([2]); elle est surtout intéressante pour des couches de faible épaisseur, dont la structure n'est pas modifiée par l'application du film photographique. Elle pourrait être utilisée pour la mesure de l'épaisseur et de l'homogénéité de films de peintures cellulosiques formés sur un support métallique.

Ainsi qu'on a pu le voir, ce procédé permet aussi d'étudier le processus d'évaporation à partir d'un solvant. Nous avons appliqué avec succès cette observation au cas de l'évaporation de sels minéraux à partir de solutions aqueuses; il semble que l'on puisse obtenir ainsi des renseignements intéressants sur la texture et l'épaisseur des couches évaporées, ainsi que la formation de précipités périodiques (anneaux de Liesegang).

ÉLECTRONIQUE. — *Production d'énergie haute fréquence par un gaz ionisé en présence d'un champ magnétique*. Note ([1]) de MM. **Jean Denisse** et **Jean-Louis Steinberg**, présentée par M. Jean Cabannes.

On a repris, dans des conditions différentes et en les précisant, les expériences déja décrites ([2]), ([3]), ([4]) relatives à l'émission d'énergie à haute fréquence dans un tube à décharge en présence d'un champ magnétique. Les tubes à décharge utilisés contenaient de l'azote pur à des pressions variant de quelques millièmes à quelques centièmes de millimètre de mercure. Les

([1]) Séance du 24 février 1947.
([2]) P. C. Thonemann et R. B. King, *Nature*, London, 138, 1946, p. 414.
([3]) S. Ruthberg, *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 112.
([4]) Cobine et Gallagher, *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 113.

cathodes des tubes étaient soient chaudes (filament de tungstène), soit froides (électrodes d'aluminium). Les courants obtenus étaient de l'ordre de quelques milliampères. Le champ magnétique produit par un électro-aimant a varié de zéro à 500 gauss; on s'est attaché à le localiser aussi bien que possible.

La réception du bruit s'effectuait au moyen d'un récepteur superhétérodyne fonctionnant dans la gamme de $1^m,30$ à $2^m,60$ avec détection symétrique à l'étage d'entrée. La sortie était connectée à la fois à un instrument de mesure, à un oscillographe et à un haut-parleur.

L'énergie produite peut être reçue soit par une boucle ou une sonde intérieures au tube, plongeant dans la décharge et connectées au récepteur par des condensateurs, soit par une boucle extérieure entourant le tube ou placée à quelque distance.

Dans tous les cas, l'approche d'un aimant donnant de 40 à 50 gauss produit un bruit intense déjà signalé ([5]). L'étude des propriétés de ce bruit a été commencée. L'énergie produite est maxima quand le champ magnétique est appliqué au voisinage immédiat de l'anode du tube en fonctionnement. Dans un certain nombre de cas, il semble que l'apparition et la disparition du bruit coïncident avec celles d'une lueur anodique rouge qui apparaît lorsque l'on établit le champ magnétique. Si l'on déplace l'électro-aimant de la région anodique vers la région cathodique, le bruit, reçu par une sonde fixe plongeant dans le gaz ionisé, croît en général brusquement quand apparaît la lueur anodique pour décroître ensuite jusqu'à une valeur négligeable à mesure que l'on allonge la région rouge vers la cathode.

L'intensité du champ est un facteur important et l'énergie reçue croît, en général, avec le champ appliqué, cette croissance pouvant présenter un ou plusieurs maxima et étant arrêtée par l'extinction de la décharge dans le cas des champs les plus intenses. L'établissement du champ ne modifie pas le courant dans le gaz de plus de quelques pour cent.

Les électrodes-sondes placées dans la région de chute de potentiel cathodique et au début de la colonne positive ne permettent pas de recevoir le bruit alors même qu'une sonde placée dans la colonne positive au voisinage de l'anode le reçoit avec le maximum d'intensité.

Pour une pression donnée et un champ donné, le bruit croît avec le courant dans le gaz et décroît ensuite à mesure que l'on s'approche des conditions de l'arc. Quand celles-ci sont établies, il n'existe plus qu'un bruit indépendant du champ magnétique. Dans les conditions de la *glow discharge*, on ne constate pas de bruit notable en l'absence de champ magnétique.

D'autres expériences sont en cours pour étudier les propriétés et les causes

---

([5]) E. V. Appleton et A. G. West, *Phil. Mag.*, 45, 1923, p. 879.

du phénomène et ses rapports avec les oscillations ioniques et électroniques bien connues qui accompagnent souvent aussi l'apparition de lueurs anodiques en l'absence de champ magnétique (4), (5), (6).

OPTIQUE INSTRUMENTALE. — *Emploi de la polarisation par réflexion vitreuse dans les loupes et microscopes stéréoscopiques.* Note (1) de M. **Pierre Manigault**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'observation binoculaire est de plus en plus employée par les usagers du microscope. L'emploi des deux yeux, toujours plus agréable, devient indispensable dans les cas où l'on veut voir en relief des objets ayant une certaine profondeur. Je me suis proposé de combiner cette observation binoculaire avec l'utilisation de la lumière polarisée. Je ne m'occuperai que des instruments binoculaires stéréoscopiques. Il y en a de deux sortes : les uns comprenant deux objectifs associés à deux oculaires (loupes binoculaires), les autres un seul objectif associé à deux oculaires.

1. *Microscopes stéréoscopiques à deux objectifs.* — Pour simplifier le problème je me suis contenté, en ce qui concerne les analyseurs, de munir les oculaires de lames dichroïques et plus particulièrement de lames de Demon (2). Pour les polariseurs une solution correcte évidente consiste à employer deux polariseurs distincts avec deux sources (ou deux régions d'une source un peu étendue), la source de gauche éclairant l'œil droit et inversement. Les deux plans de vibrations sont alors symétriques par rapport au plan de symétrie vertical de l'appareil. Mais l'expérience a montré qu'on peut se contenter de prendre deux sources de lumière (deux lampes Mazda 25 W 110 V à verre finement dépoli), et un polariseur unique.

C'est un polariseur du type Nörremberg, dans lequel on a remplacé le miroir plan ordinaire par un miroir sphérique, concave : ce peut être souvent le miroir habituel du microscope, mais que l'on place, sous la glace polarisante, de façon qu'il renvoie les rayons verticalement vers le haut. Nous avions déjà adopté, M. Cotton et moi, cette disposition dans le cas de certains microscopes monoculaires en plaçant le miroir de telle façon que l'image qu'il donne de la source soit dans le plan de la préparation et que son centre de courbure soit au voisinage de l'objectif. Le condenseur lui-même peut être supprimé; on le remplace par un instrument par lui-même achromatique. Les rayons utilisés par le microscope subissent ainsi la réflexion métallique ordinaire sous une incidence voisine de la normale. Dans le cas qui nous occupe, comme il y a

---

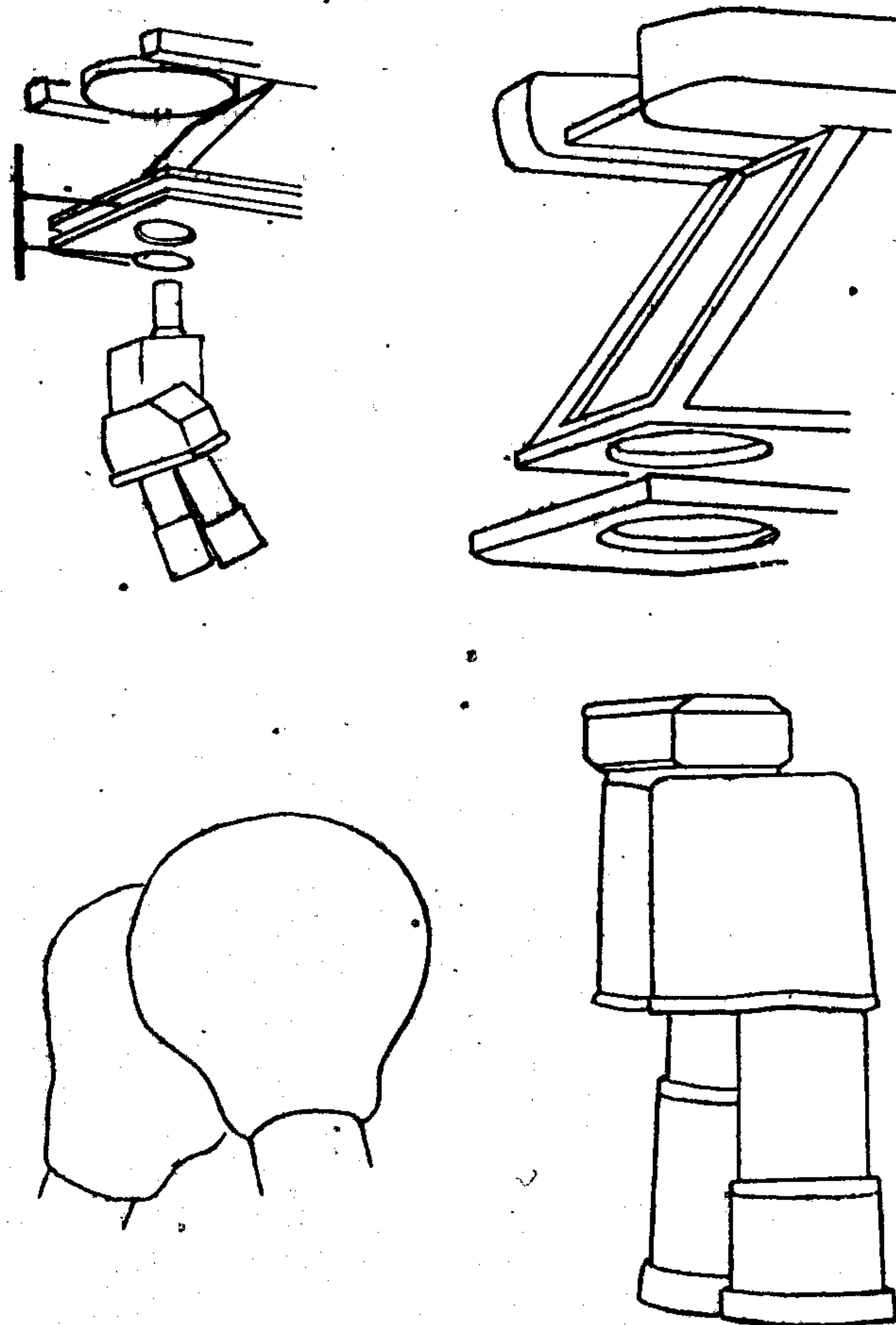
(5) W. L. Brown et H. Mc Cowan, *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 376.

(6) K. G. Emeléus et A. G. Gregg, *Phil. Mag.*, 16, 1933, p. 1079.

(1) Séance du 24 février 1947.

(2) *Annales de Physique*, 12e série, 1, 1946, p. 101.

deux objectifs, le centre optique ne saurait être à la fois sur les deux. Il doit donc y avoir un peu de polarisation elliptique : elle n'a pas paru gênante. Si l'on tient compte de la longueur réelle du chemin suivi par le faisceau dans l'appareil (muni de prismes), on s'explique que seuls des rayons assez peu inclinés sur l'axe de l'instrument sont polarisés par réflexion et remontent jusqu'aux oculaires.



2. *Microscospes stéréoscopiques à un seul objectif.* — La solution entièrement correcte consisterait encore à employer deux sources et deux polariseurs et à faire en sorte que les deux axes optiques se croisent dans la traversée de l'objectif unique. Nous lui avons préféré un montage simplifié qui donne toute satisfaction. Il a été exécuté avec un microscope de O. P. L. mis à notre disposition par M. de Gramont. La source est une lampe à ruban plat de tungstène (6 volts 10 ampères), alimentée par un transformateur. Le miroir concave du microscope sert de miroir inférieur du Nörremberg et donne une image très brillante de la source dans le plan de la préparation. La petite image ainsi obtenue est à peine plus grande que le champ de l'objectif.

Dans ce cas encore on s'est contenté comme analyseurs de lames dichroïques. Comme l'objectif est unique et la distance frontale réduite, on a pu adopter un système rotateur très simple entraînant simultanément deux lames demi-onde placées l'une au-dessus, l'autre au-dessous de la préparation et convenablement orientées. On sait (³) que la rotation de ces deux lames remplace avantageusement celle de la platine. Il convient de choisir celle de ces lames qui est placée tout près de l'objectif de façon qu'elle n'ait pas de défaut pouvant altérer la qualité de l'image. Mais comme cette lame n'a pas besoin d'être centrée, il est généralement facile d'y trouver une région convenable puisqu'elle doit être à peine plus grande que la lentille frontale de l'objectif.

SPECTROSCOPIE. — *Sur une méthode de mesure de la dispersion dans l'infrarouge.* Note (¹) de Mme **Josette Vincent-Geisse**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons perfectionné, dans le cas de liquides et étendu à des solides (isotropes et anisotropes), une méthode déjà utilisée par Seegert (*Thèse*, Berlin, 1908).

I. *Cas d'un liquide.* — Entre deux prismes rectangles identiques d'indice N, accolés par leurs hypoténuses (*fig.* 1), est placée une mince lame de mica en

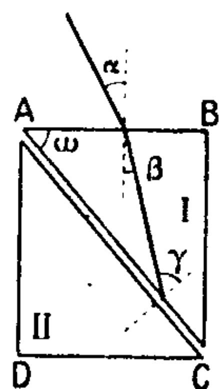


Fig. 1.

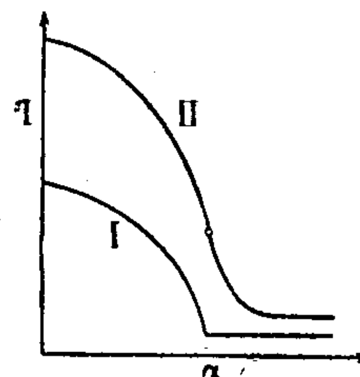


Fig. 2.

forme de U, qui permet de recevoir le liquide étudié d'indice n. Soient α l'angle d'incidence sur la face AB du prisme I, β l'angle de réfraction, γ l'angle d'incidence sur la face AC. Il y a réflexion totale à partir de l'angle γ tel que $\sin\gamma = n/N$. D'autre part on a les relations $\sin\alpha = N\sin\beta$ et $\gamma = \beta + \omega$. Si α, ω et N sont connus, on en déduit n. La méthode est utilisable pourvu que n reste inférieur à N. Pour cette raison on choisit pour les prismes I et II un verre d'indice élevé (en flint très dense).

Le système des deux prismes se trouve placé dans un faisceau parallèle de radiations monochromatiques. On le fait tourner et l'on établit, pour la longueur d'onde choisie, la courbe donnant l'intensité transmise en fonction de

(³) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 330.

(¹) Séance du 17 février 1947.

l'angle d'incidence α. Pour un liquide non absorbant, on obtiendrait la courbe théorique I (*fig.* 2), avec un point anguleux au début de la réflexion totale; on aboutit en réalité à la courbe II, avec un point d'inflexion. Les calculs, faits en particulier par Arzeliès, ont montré, qu'au point d'inflexion, on avait sans erreur appréciable $\sin\gamma = \nu/N$, ν étant la partie réelle de l'indice imaginaire n.

Cette méthode, qui ne demande qu'une faible quantité de substance, nous a permis de mesurer, entre le visible et $2^{\mu},7$, les indices de nombreux liquides, très absorbants dans cette région, et pour lesquels la technique classique du prisme creux n'est pas utilisable. Nous reviendrons sur les résultats dans une prochaine Note.

II. *Cas d'un solide isotrope ou anisotrope*. — On met le solide, taillé en lamelle mince, à la place du liquide, en assurant le contact optique au moyen d'un liquide. L'indice de celui-ci (qui peut d'ailleurs rester inconnu) doit être assez élevé, comme celui de l'α-bromonaphtalène par exemple.

Nous avons mesuré de cette manière, jusqu'à $2^{\mu},7$, l'indice d'une lamelle couvre-objet de microscope, en verre.

Enfin cette méthode est applicable à un solide anisotrope. Dans ce cas, la courbe II présente deux points d'inflexion, dont les éloignements respectifs donnent immédiatement une mesure de la biréfringence du solide. Pour chaque longueur d'onde, on effectue deux déterminations, l'une avec une orientation déterminée des lignes neutres de l'échantillon, et l'autre obtenue par une rotation de 90° dans son plan.

La première mesure donne par exemple n_g et n_p et la deuxième n_m et n_p, ce qui fournit un contrôle.

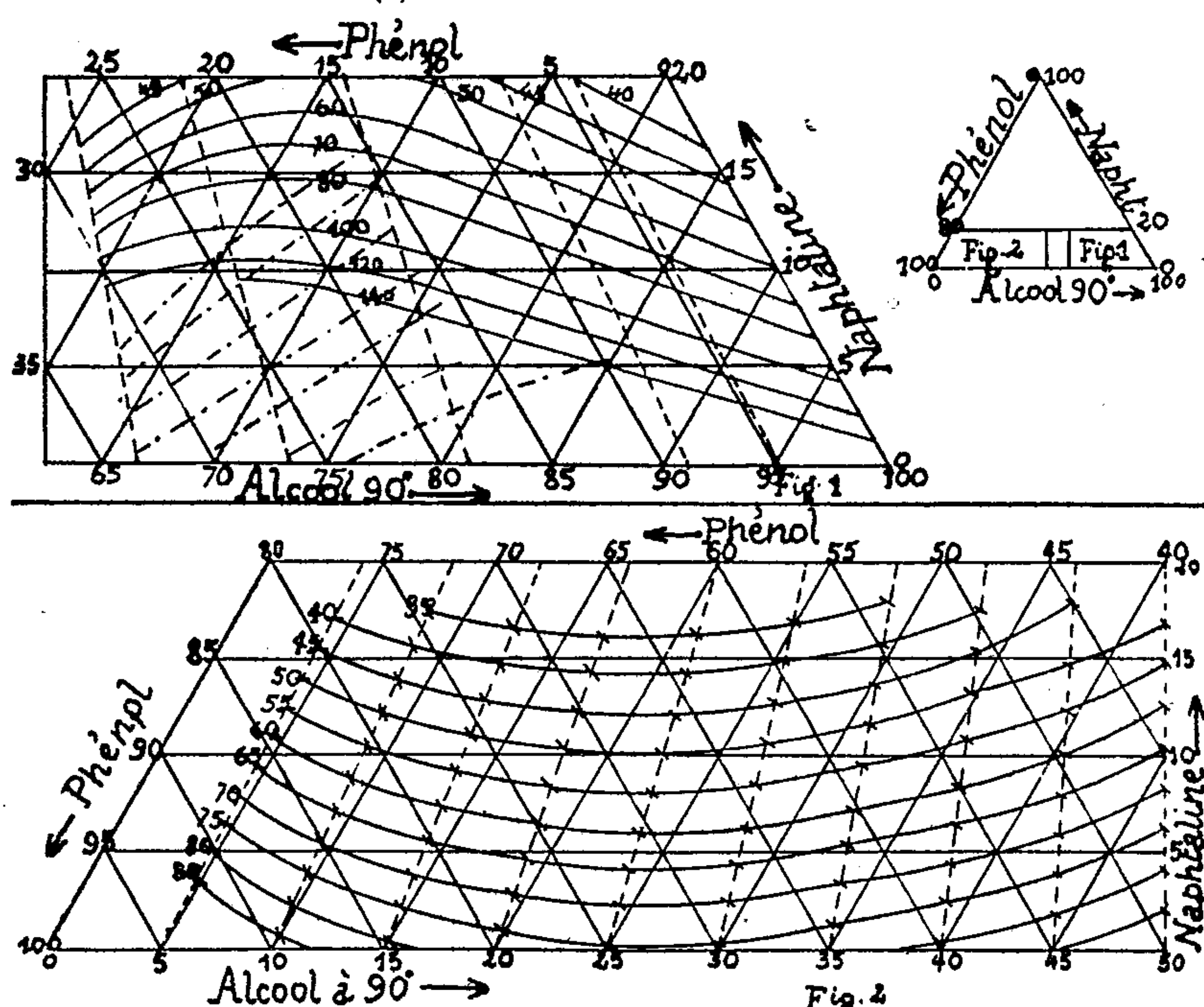
Longueurs d'onde en μ.	0,589.	0,75.	1.	1,3.	1,7.	2.	2,3.	2,53.	2,7.
n_g.....	1,6010	1,5958	1,5917	1,5874	1,5817	1,5763	1,5692	1,5596	1,5490
n_m.....	1,5946	1,5901	1,5858	1,5815	1,5764	1,5718	1,5656	1,5596	1,5547
n_p.....	1,5622	1,5571	1,5529	1,5501	1,5465	1,5428	1,5379	1,5333	1,5294

On remarque qu'à $2^{\mu},53$, n_g et n_m ont la même valeur et s'inversent au delà. A $2^{\mu},53$ ce mica se présente comme un cristal uniaxe.

Cette méthode est donc extrêmement générale et, en remplaçant les prismes en verre par des prismes en sel gemme, par exemple, on pourrait l'étendre à une région plus lointaine du spectre infrarouge.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'analyse des mélanges eau-éthanol-phénol-naphtalène.* Note ([1]) de MM. **Antoine Saunier** et **René Pâris**, présentée par M. Pierre Jolibois.

En vue d'établir le diagramme de solubilité du système eau-éthanol-phénol-naphtalène, nous avions à rechercher une méthode d'analyse de ce mélange quaternaire, aucune n'étant signalée dans la littérature. Un procédé fondé sur l'entraînement de l'alcool par la pyridine tel que nous l'avons appliqué à l'analyse des mélanges éthanol-phénol-naphtaléne ([2]) est inapplicable en présence d'eau. Devant l'échec de nombreux essais sur lesquels nous n'insisterons pas ici, nous avons finalement résolu ce probléme analytique par application de la méthode des points de trouble dont nous avons donné le principe dans une Note précédente ([3]). Les lettres que nous avions adoptées désigneront alors dans le cas précis de notre analyse, A : alcool à 90° (rapport eau/alcool constant); P, phénol; N, naphtalène. Le phénol est dosé directement par conductométrie ou thermométrie ([4]).



Caractéristiques des diagrammes d'analyse. — Trois réseaux de courbes ont dû être tracés :

([1]) Séance du 10 février 1947.

([2]) *Communication Soc. Chim.*, séance du 22 novembre 1946 (sous presse).

([3]) *Comptes rendus.*

([4]) R. Pâris et J. Vial, *Bull. Soc. Chim.*, 1946, p. 17.

1° Courbes en traits pleins (*fig.* 1) : B, benzène; E, alcool à 50°; *a*, 0,50; *t*, 35°C.

2° Courbes en traits points (*fig.* 1) : B, benzène; E, alcool à 50°; *a*, 0,70; *t*, 35° C.

3° Courbes de la figure 2 : B, alcool à 50°; E, benzène; *a*, 0,50; *t*, 35° C.

Le 1^er^ réseau correspond à la meilleure sensibilité; il a fallu tracer les deux autres, car pour des teneurs faibles en naphtalène on se trouverait dans la zone de miscibilité totale, et d'autre part, au delà de 30 % de phénol les courbes deviennent sinueuses et par suite plus difficiles à tracer avec précision.

Tracé des diagrammes. — Pour déterminer un point d'une courbe, on prépare un poids *p*(environ 20^g) du mélange alcool à 90°, phénol, naphtalène de concentration pondérale connue. On lui ajoute *p*/a/g. de solvant B, et au moyen de l'appareillage décrit [3] on ajoute le solvant E à la burette en déterminant la température de trouble après chaque centimètre carré. Cette température varie à peu près linéairement avec le volume de E, et comme les points de trouble sont appréciés à 0°,1 près, l'erreur sur le volume déterminé ne dépasse pas 0$^{cm^3}$,02. Ceci permet d'encadrer la température de trouble de 35° qui correspond au volume V de solvant E (ramené par le calcul à 100^g de mélange initial).

L'ensemble des trois réseaux de courbes ainsi déterminées point par point (240 mesures) couvre toutes les concentrations en alcool et en phénol, mais nous n'avons pas dépassé la concentration de 16 % en naphtalène; car les mélanges que nous avions à doser ne dépassaient jamais cette teneur.

Utilisation de ces diagrammes pour l'analyse d'un mélange inconnu. — Le mélange A + P + N dans lequel on a dosé préalablement le phénol est pesé dans le tube d'expérience, on lui ajoute une quantité pesée de solvant B correspondant au rapport *a* choisi d'après la proportion de phénol, et l'on détermine comme ci-dessus le volume V du solvant E qui correspond au point de trouble de 35°. Les pourcentages d'alcool à 90° et de naphtalène sont lus sur le diagramme par intersection comme nous l'avons décrit dans notre Note précédente [3].

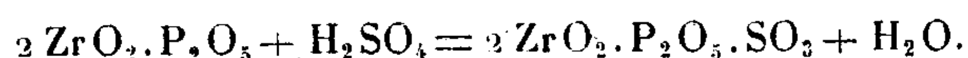
Cette méthode a été vérifiée sur des mélanges connus préparés par d'autres expérimentateurs. Les compositions ont été retrouvées avec une approximation toujours meilleure que 1 %.

Nous pouvons, grâce à ce procédé, effectuer de très nombreuses analyses des mélanges indiqués avec une rapidité et une sécurité qui compensent très largement le temps consacré à l'établissement des diagrammes que nous venons de décrire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cinétique de la dissociation thermique du sulfo-phosphate bizirconique*. Note ([1]) de MM. **Robert Stumper** et **Paul Metteloock**, présentée par M. Louis Hackspill.

En étendant notre étude ([2]) sur la précipitation du phosphate bizirconique en milieu chlorhydrique à cette même réaction en milieu sulfurique, nous n'avons plus obtenu, après calcination, le pyrophosphate bizirconique, mais un sulfo-phosphate biziconique de composition variable suivant la température et la durée de calcination. Nous avons ainsi été conduits à étudier l'action de H_2SO_4 concentré sur $2\,ZrO_2.P_2O_5$ pur, préparé en milieu chlorhydrique selon les conditions indiquées dans notre Note précédente.

En traitant, au creuset de Pt, un poids déterminé ($0^g,250$ à $0^g,350$) de ce $2\,ZrO_2.P_2O_5$ en poudre par un excès de H_2SO_4 et en chassant cet excès par chauffage, au four électrique réglable, à des températures variables, le pyrophosphate biziconique fixe un radical SO_3 selon la réaction :



$$2\,ZrO_2.P_2O_5 + H_2SO_4 = 2\,ZrO_2.P_2O_5.SO_3 + H_2O.$$

On doit donc admettre que dans la molécule de $2\,ZrO_2.P_2O_5$ les deux radicaux ZrO_2 ne sont pas fixés d'une façon identique à P_2O_5. La question de savoir si le produit de réaction représente un sel double ou un mélange équimoléculaire de $ZrO_2.P_2O_5$ et $ZrO_2.SO_3$ n'est pas encore résolue.

Par chauffage progressif de ce produit de réaction, celui-ci retient d'abord une petite proportion, d'ailleurs non stœchiométrique, de SO_3. Entre 400 et 700° cet excès reste opiniâtrement fixé, à 800° il ne s'en va qu'après 40 heures, à 900° au bout de 15 heures et à 1000° après 2 heures. Le composé obtenu après le départ de SO_3 en excès correspond exactement à la formule $2\,ZrO_2.P_2O_5.SO_3$, ainsi que le démontre l'analyse suivante :

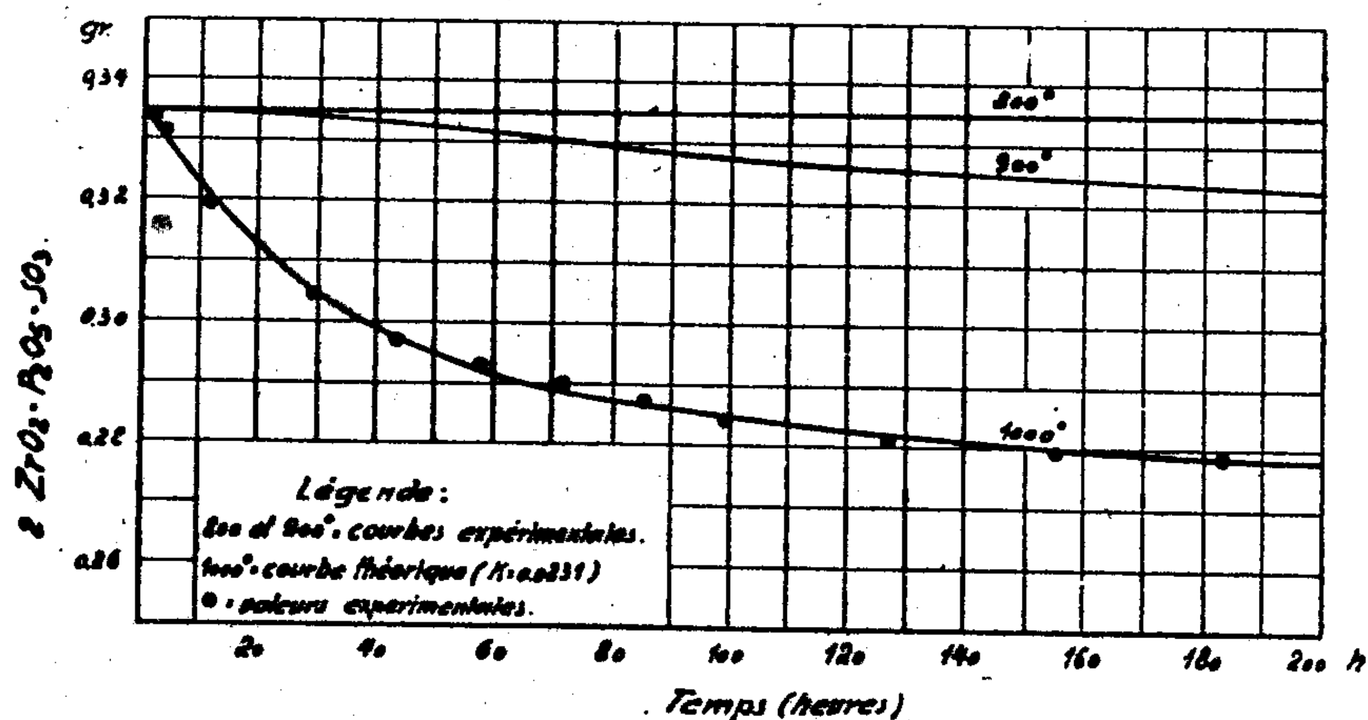
	Composition centésimale	
	théorique. (%).	trouvée. (%).
ZrO_2	52,59	52,73
P_2O_5	30,32	30,38
SO_3	17,09	16,89

En prolongeant le chauffage, le sulfo-phosphate biziconique, pratiquement stable à 800°, se dissocie lentement par départ progressif de SO_3. A 900°, cette dissociation thermique est très lente; à 1000° elle est plus rapide, pour devenir, dans nos conditions d'expérience, complète après 200 heures. Les courbes des

([1]) Séance du 24 février 1947.
([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 122.

variations de poids en fonction du temps, pour 800°, 900° et 1000°C. sont reproduites sur le diagramme ci-dessous.

[Diagr. (courbes de dissociation de $2ZrO_2.P_2O_5.SO_3$)].



Dissociation de $2ZrO_2.P_2O_5.SO_3$.

L'allure régulière de la courbe à 1000° nous a amenés à déterminer l'ordre de réaction et la constante cinétique de cette dissociation thermique. Les valeurs moyennes de deux essais nous ont servi à calculer les quantités c de $2ZrO_2.P_2O_5,SO_3$ (resp. de SO_3) présentes aux temps t, la valeur initiale C_0 étant connue. A partir de ces valeurs, nous avons calculé les constantes cinétiques,

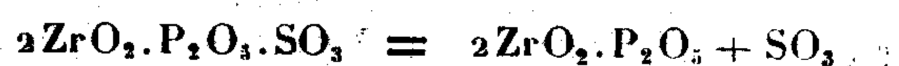
1° $K_0 = \frac{C_0 - c}{t}$ pour la réaction de l'ordre zéro,

2° $K_1 = \frac{1}{t} \, l\,a \frac{C_0}{c}$ pour la réaction de l'ordre 1.

Les valeurs successives de K_0 présentent une allure décroissante, celles de K_1 n'oscillent que faiblement et irrégulièrement autour de la moyenne $K_1 = 0{,}0231$ ($\pm 0{,}003$).

Pour vérifier notre résultat, nous avons dressé, d'après la constante 0,0231, la courbe théorique des variations de poids en fonction de la durée de chauffage. Cette courbe théorique est représentée dans notre diagramme; les points y figurent les valeurs expérimentales directes.

La concordance étant très bonne, il s'ensuit que la dissociation thermique



$$2ZrO_2.P_2O_5.SO_3 = 2ZrO_2.P_2O_5 + SO_3$$

est, pour nos conditions d'expérience et à 1000°, une réaction monomoléculaire.

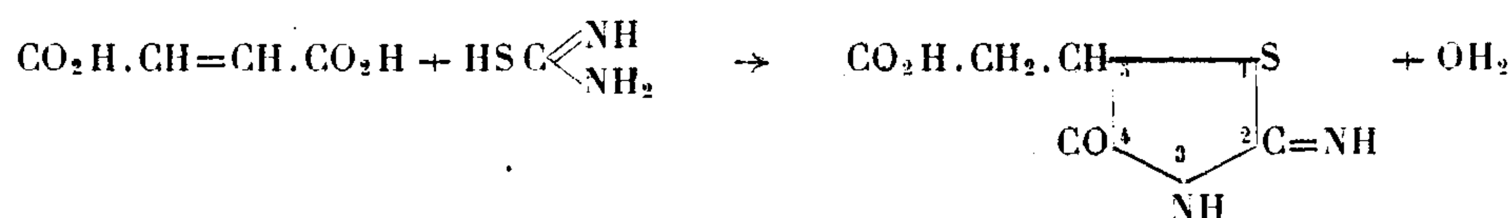
Ainsi se trouvent donc expliquées les variations de poids du précipité $2ZrO_2.P_2O_5.SO_3$ ($+ x SO_3$) obtenu en milieu sulfurique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques réactions de l'acide benzoylacrylique.* Note de MM. **J. Bougault** et **P. Chabrier**

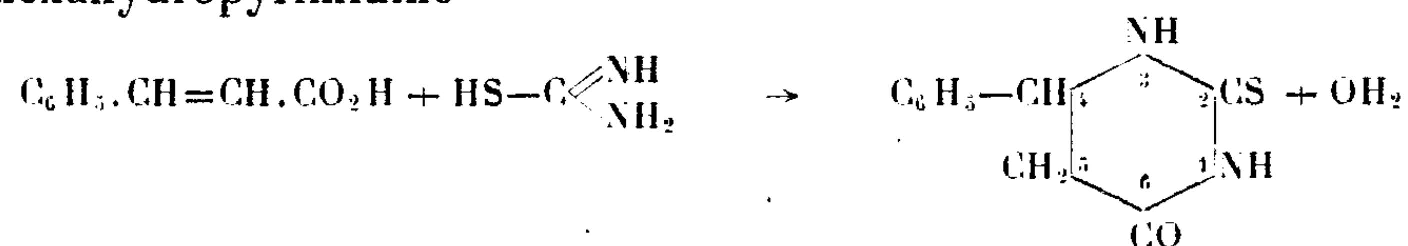
Dans une Note précédente (1) nous avons indiqué que l'acide benzoylacrylique fixait sur sa double liaison de nombreuses substances, en particulier celles possédant un groupement sulfhydryl (—SH). Nous avons également signalé que cette fixation pouvait s'accomplir selon plusieurs schémas, soit qu'il y ait fixation pure et simple (cas des mercaptans), soit que la fixation précède une réation secondaire, dont l'effet le plus général est d'engager le groupement carbonyle ou le groupement carboxyle de l'acide benzoylacrylique, ce qui conduit à la formation d'un hétérocycle.

L'objet de cette Note est de signaler de nouvelles combinaisons de l'acide benzoylacrylique dans lesquelles, concurremment à la fixation d'un groupement sulfhydrylé sur la double liaison, le groupement carboxyle participe à la réaction.

II. *Addition suivie de cyclisation; combinaison avec la thiourée.* — Andreasch (2) a montré que la thiourée se combinait à l'acide maléique ou fumarique avec départ d'une molécule d'eau pour donner l'acide 2-imino 4-oxothiazolidyl-5-acétique



Erlenmeyer et Hertz (3) ont montré que l'acide cinnamique se combinait également à la thiourée, mais suivant un tout autre processus. Cette combinaison, effectuée au bain d'huile à 210°, conduit en effet à la 4-phényl-2-thio-6-oxohexahydropyrimidine

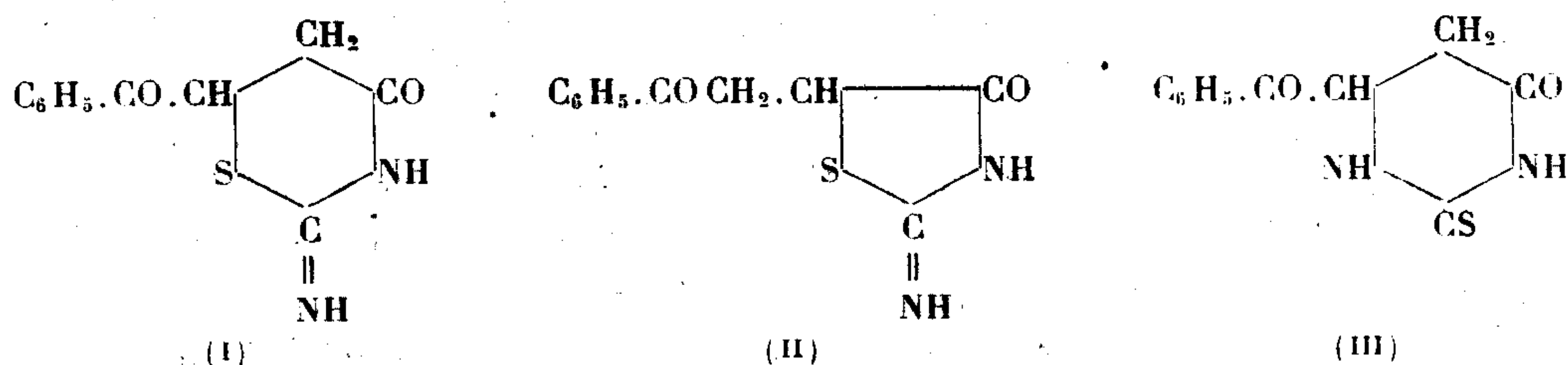


Dans le premier cas, la double liaison accepte le groupement sulfhydryle (SH) en conduisant à un dérivé du thiazol; dans le second, elle accepte le groupement aminé (NH_2) en donnant une thiohydropyrimidine. Ces deux additions sont suivies d'une cyclisation par amidification interne.

Si l'on mélange en proportions équimoléculaires une solution aqueuse d'acide benzoylacrylique, dissous dans un léger excès de bicarbonate de

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 395.
(2) *Monatsh.*, **15**, 1895, p. 664.
(3) *Helv. Chim. Act.*, **25**, 1942, p. 832.

sodium, avec une solution faiblement acétique de thiourée, il se forme peu à peu un abondant précipité qui se révèle être une combinaison de l'acide benzoylacrylique avec la thiourée, le groupement carboxylé étant engagé, puisque le produit n'est plus soluble dans le bicarbonate de sodium. La combinaison, comme le confirme son analyse élémentaire, et par analogie avec les faits précédemment exposés, doit répondre à l'une des trois formules suivantes :



La forme thiohydropyrimidine (III) doit être rejetée. En effet : 1° le composé obtenu est amphotère, il se dissout aisément dans l'acide chlorhydrique à 20 % ; à partir de cette solution on peut précipiter, soit le chlorhydrate d'imine en ajoutant à la solution un égal volume d'acide chlorhydrique concentré, soit le produit initial en neutralisant par le bicarbonate de sodium; 2° à partir du composé obtenu, il n'a pas été possible d'obtenir un thioéther par alcoylation directe au moyen des halogénures d'alcoyles. Ce fait indique que le soufre ne peut appartenir, dans ce cas, qu'à un système cyclique.

Nous avons cherché à préparer la forme (I) par condensation de l'acide β-bromobenzoylpropionique (obtenu par action du brome sur l'acide benzoylpropionique) et de la thiourée. Le bromhydrate obtenu fond à 215°; traité par le bicarbonate de sodium, il libère la base fondant à 262° sans décomposition, différente du composé obtenu par action de la thiourée sur l'acide benzoylacrylique qui fond à 221° en se décomposant.

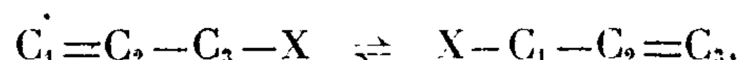
Enfin par condensation de l'acide α-chlorobenzoylpropionique (obtenu par addition d'acide chlorhydrique sur l'acide benzoylacrylique en milieu éthéré) et de la thiourée, nous avons obtenu un chlorhydrate qui, après neutralisation au moyen du bicarbonate de sodium, nous a fourni un produit identique (épreuve du point de fusion du mélange) à celui qui prend naissance par action directe de la thiourée sur l'acide benzoylacrylique. Ce fait légitime la formule (II) proposée pour représenter ce composé.

Propriétés. — Le 2-imino-4-oxothiazolidyl-5-benzoylméthyl fond à 221° en se décomposant; il est soluble dans les acides minéraux avec lesquels il donne des sels; les alcalis le dissolvent en ouvrant rapidement le cycle; il est très peu soluble, même à chaud, dans la plupart des solvants organiques; son chlorhydrate fond à 155°.

Analyse : trouvé %.......	C 56,13	H 4,10	N 12,1	S 13,54
» calculé %.......	C 56,40	H 4,27	N 11,96	S 13,67

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transpositions allyliques des dérivés bromés du diméthyl-2.5 thiophène.* Note de MM. **Jean Lecocq** et **Buu-Hoï**, présentée par M. Marcel Delépine.

Soit un système de 3 atomes de carbone C_1, C_2 et C_3, dont 2 sont liés ensemble par une liaison éthylénique, et le troisième portant un radical ou un élément mobile X. Les transpositions allyliques, représentées par la réaction

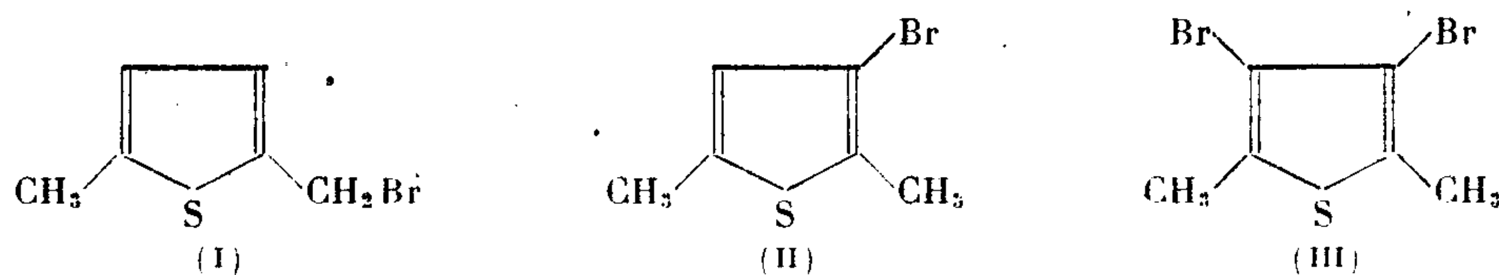


$$C_1{=}C_2{-}C_3{-}X \rightleftharpoons X{-}C_1{-}C_2{=}C_3,$$

sont très fréquentes en série aliphatique, surtout lorsque X est un atome d'halogène (brome ou chlore). C'est ainsi que le chlorure d'acrylidène $CH_2{=}CH{-}CHCl_2$ se transforme en épidichlorhydrine $CHCl{=}CH{-}CH_2Cl$ sous l'action de ClH à chaud; réciproquement, certains dérivés allyliques tertiaires s'isomérisent par le même réactif en dérivés allyliques primaires. Dans ces différents cas, chacun des isomères possède en général une existence individuelle.

Lorsque au contraire, la double liaison *allylique* fait partie d'un noyau de caractère aromatique, elle perd complètement sa mobilité, et l'on ne connaissait pas jusqu'ici de desmotropies du type sus-indiqué. Le présent travail montre qu'elles peuvent avoir lieu dans certains cas. On sait ([1]) que l'action de la N-bromosuccinimide sur le thioxène-2.5 conduit au bromométhyl-5 thiotolène-2 (I).

Lorsque ce dernier corps est additionné de cyanure cuivreux anhydre, on

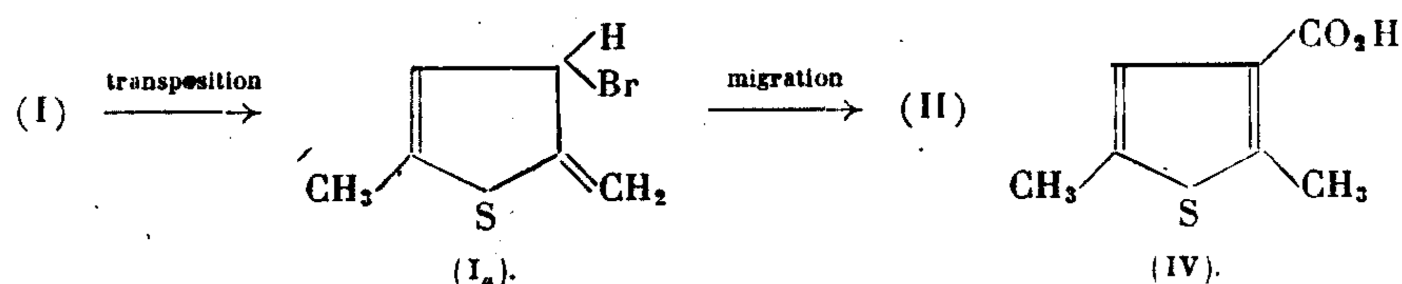


observe un échauffement et, par distillation du mélange sous vide, on aboutit à un liquide de même composition centésimale que le produit initial, mais de constantes différentes (E_{10} 85°, E_{760} 195-196°) et de stabilité beaucoup plus grande. Ce nouveau produit se forme également lorsqu'on fait agir (I) sur un cyanure alcalin dans le dioxane, et il apparaît également à côté de l'éthoxyméthyl-5 thiotolène lorsqu'on effectue cette réaction en milieu alcoolique. Nous l'avons identifié au bromo-3 thioxène-2.5 (II) que nous avons synthétisé en faisant agir le brome sur le thioxène en milieu sulfocarbonique.

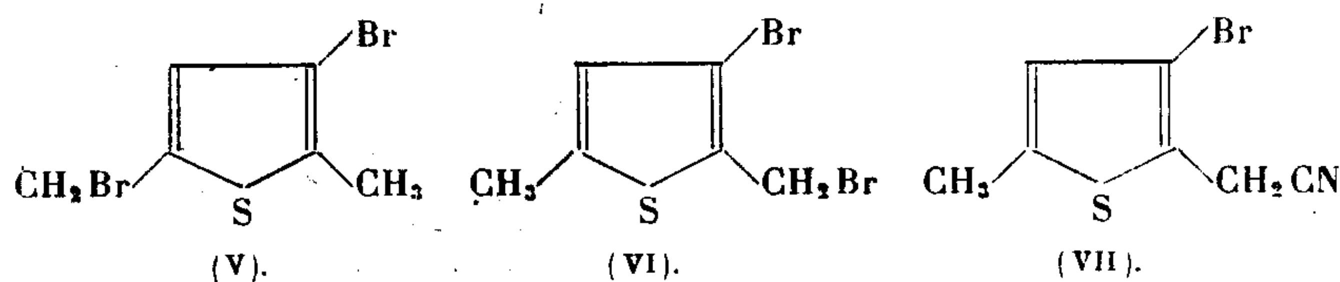
La constitution de (II) est fixée avec certitude par sa transformation, sous l'action d'une nouvelle molécule de brome, en dibromo-3.4 thioxène-2.5 (III) (E_{15} 128°, F 48°) déjà

([1]) Buu-Hoï et J. Lecocq, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1441.

connu auparavant. Le mécanisme de la transformation de (I) en (II) consiste évidemment en une transposition allylique conduisant de (I) à (I_a), suivie d'une migration allylique de l'hydrogène, avec passage de (I_a) à (II),



Le mécanisme ainsi postulé est le même que celui invoqué pour expliquer la formation anormale d'alcool orthotoluique à partir du chlorure de benzylmagnésium et du formol. D'ailleurs, le magnésien obtenu à partir de (I) donne, par carbonatation, l'acide thioxène-2.5 carboxylique-3 (IV), identique à celui préparé en partant du magnésien correspondant à l'iodo-3 thioxène-2.5. Lorsqu'on traite (II) à nouveau par la N-bromosuccinimide, il se forme un mélange des deux dérivés dibromés (V) et (VI), par action des



cyanures alcalins, le premier est transposé en dibromothioxène (III), alors que le second fournit normalement le nitrile correspondant (E_{15} 140-150°) (VII).

Il est à noter que le chlorométhylthiophène [2] a pu être combiné avec de bons rendements au malonate d'éthyle sodé, alors que le dernier agent isomérise presque complètement (I) en (II). L'influence favorisante des méthyles sur la transposition nous a amenés à examiner la possibilité d'existence d'une transposition analogue en série naphtalénique, dans laquelle les méthylnaphtalènes se broment aisément sur la chaîne au moyen de la bromosuccinimide [3]. Le diméthyl-2.3 naphtalène, traité par la bromosuccinimide, nous a fourni aisément le méthyl-2 bromométhyl-3 naphtalène, déjà préparé par Doisy et ses collaborateurs [4] par une méthode plus compliquée. Ce dérivé bromé, traité par les cyanures alcalins, a fourni normalement le méthyl-2 naphtylacétonitrile-3 déjà connu, sans qu'il y ait eu de transposition en bromo-1 diméthyl-2.3 naphtalène. De même, avec le malonate d'éthyle sodé, on a obtenu le *méthyl-2 naphtométhyl-3 malonate d'éthyle* (E_2 200°), auquel correspond *l'acide ω-(méthyl-2) naphtylpropionique-3* (F 122°) dont nous poursuivrons l'étude avec M. Cagniant dans un autre mémoire.

---

(2) Voir *J. Am. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 478.
(3) Buu-Hoï et J. Lecocq, *J. Chem. Soc.*, 1946, p. 830.
(4) Doisy et al., *Chem. Zentralbl.*, I, 1940, p. 1349.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la β-(p-méthoxy-phényl) isopropylamine.* Note de MM. **Jean Dœuvre** et **Pierre Chervet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Cette amine, $CH_3O—C_6H_4—CH_2—CH(NH_2)—CH_3$, qui appartient au groupe des composés sympathomimétiques, peut se dénommer *p*-méthoxy-ortédrine, ou encore *p*-méthoxy-benzédrine. Elle a été préparée à plusieurs reprises par divers auteurs, que nous ne pouvons citer ici. Nous l'avons obtenue par l'action du formamide sur la méthyl (*p*-méthoxy-benzyl) cétone.

L'anéthole, servant de matière première, est soumis à l'action de l'acétate de plomb IV en milieu acétique : d'où le diacétate d'anétholglycol [1]; ce dernier, par ébullition avec une solution aqueuse à 20 % d'acide sulfurique, engendre la méthyl (*p*-méthoxy-benzyl) cétone [2] (rendement 65 %) qui présente les constantes suivantes : $É_{14}$ 140-141°; d_4^{18} 1,067; n_C^{15} 1,5237; n_D^{15} 1,5282; n_F^{15} 1,5048; tension superficielle γ_{18} 41,0 dynes/cm, d'où parachor observé 388; parachor calculé 391. Elle engendre un précipité d'iodoforme par l'hypoiodite de sodium, et sa semi-carbazone fond à 182°.

Cette cétone, traitée vers 180° pendant huit heures, par le formamide, est transformée en dérivé formylé d'amine selon un processus dont l'un de nous a déjà fait mention [3] : 90^g de cétone et 95^g de formamide fournissent une fraction bouillant à 171° sous 1^{mm} (55^g) qui se prend en une masse solide constituée par le (*p*-méthoxy-phényl)-1 N-formylamino-2 propane, $CH_3O—C_6H_4—CH_2—CH(CH_3)—NH—CHO$: c'est un corps fondant à 35°, qui, à l'état de surfusion, possède les constantes ci-après : d_4^{20} 1,092; n_C^{20} 1,535; n_D^{20} 1,5397; n_F^{20} 1,5517.

Ce dérivé formylé, chauffé pendant quatre heures à l'ébullition avec une solution alcoolique à 20 % de soude, conduit à l'amine libre (rendement 65 %).

La β-(*p*-méthoxy-phényl) isopropylamine est un liquide incolore, d'odeur ammoniacale faible, montrant les réactions des amines primaires : coloration rouge violet avec le nitroprussiate de sodium et l'acétone; coloration rouge avec le réactif de Sivadjian (tétrachloroquinone). Le dosage d'azote indique 8,48 %, ce que la théorie exige. Cette amine possède les constantes ci-après : $É_{14}$ 141°; d_4^{20} 1.000; n_C^{20} 1,5210; n_D^{20} 1,5254; $n_{F_1}^{20}$ 1,5368; d'où les résultats réfractométriques :

	C.	D.	F.	F—C.
Réfraction moléculaire observée........	50,28	50,63	51,55	1,27
» » calculée........	49,52	49,84	50,59	1,07

(1) Dimroth et Schweizer, *Ber. d. chem. Ges.*, **56**, 1923, p. 1384; Criegee, *Ann. der. Chem.*, **481**, 1930, p. 302.

(2) Tiffeneau et Daufresne, *Comptes rendus*, **144**, 1907, p. 1356; Tiffeneau, *Comptes rendus*, **150**, 1910, p. 1183; Le Brazidec, *Bull. Soc. Chim.*, **31**, 1922, p. 255.

(3) Dœuvre et J. L. Courtois, *Bull. Soc. Chim.*, **11**, 1944, p. 545.

La tension superficielle (pesée des gouttes) indique $\gamma_{20} = 36,5$ dynes/cm; d'où parachor observé = 406; parachor calculé = 412.

Le chlorhydrate de l'amine fond à 208-209° (bain de mercure).

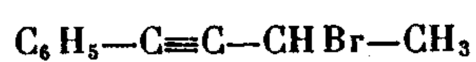
L'activité capillaire, à l'égard de l'eau, est modérée dans le cas de l'amine, et à peine sensible avec le chlorhydrate : *a*. une solution aqueuse d'amine à 0,2 % marque, à 20°, une tension superficielle de 60 dynes/cm; d'où un abaissement relatif de 17 % ; *b*. une solution aqueuse de chlorhydrate d'amine à 0,5 % possède une tension superficielle de 71,5 dynes/cm; d'où un abaissement relatif de 2 %.

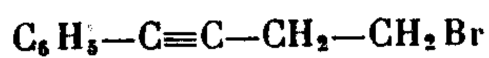
L'activité pharmacodynamique de l'amine libre a fait l'objet d'une étude récente ([4]).

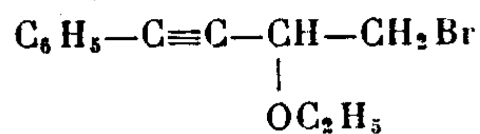
CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés bromés dans la chaîne du butynyl-1 benzène. Passage au phényl-1 buténvne-3.1.* Note de MM. **Raymond Quelet** et **René Golse**, présentée par M. Marcel Delépine.

Parmi les composés halogénés dans la chaîne dérivant du butynyl-1 benzène, seuls, les chlorures ont, jusqu'alors, été préparés.

Dans le but d'étudier leurs propriétés et, en particulier, leur aptitude à donner des réactions de substitution, nous avons préparé les deux dérivés monobromés simples et un dérivé bromo-éthoxylé; ce sont : le bromo-3 phénylbutyne-1 (I), le bromo-4 phénylbutyne-1 (II) et le bromo-4 éthoxy-3 phénylbutyne-1 (III)


$C_6H_5—C\equiv C—CHBr—CH_3$ (I)


$C_6H_5—C\equiv C—CH_2—CH_2Br$ (II)


$C_6H_5—C\equiv C—CH(OC_2H_5)—CH_2Br$ (III)

Les deux premiers s'obtiennent par action du tribromure de phosphore (en présence de pyridine) sur les alcools correspondants : le phénylbutyne-1 *ol*-3 résultant de l'action de l'éthanal sur le bromure de phényléthynyl-magnésium ([1]) et le phénylbutyne-1 *ol*-4 qui se prépare par action du même magnésien sur l'oxyde d'éthylène ([2]).

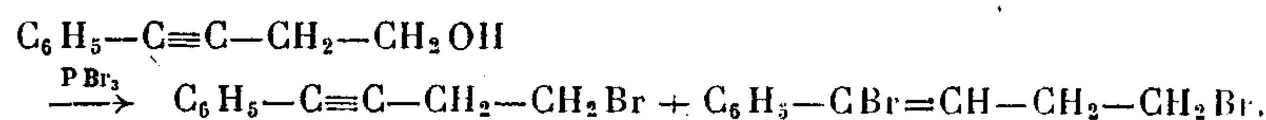
La préparation est très satisfaisante en ce qui concerne le premier de ces bromures; elle est moins avantageuse pour le second qui, malgré la présence de pyridine, est toujours accompagné de proportions notables d'un dérivé

([4]) Graham, Cartland et E. H. Woodruff, *Ind. Eng. Chem.*, 37, 1945, p. 149.

([1]) Moureu, *Bull. Soc. Chim.*, 33, 1905, p. 155.

([2]) Faucounau, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 605.

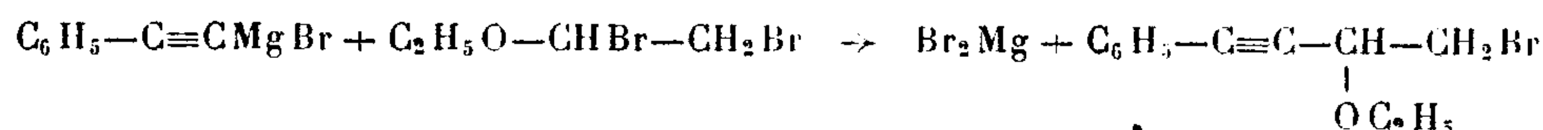
dibromé résultant de la fixation de BrH sur la triple liaison



$$C_6H_5-C\equiv C-CH_2-CH_2OH \xrightarrow{PBr_3} C_6H_5-C\equiv C-CH_2-CH_2Br + C_6H_5-CBr=CH-CH_2-CH_2Br.$$

La constitution de ce dernier : dibromo-1-4 phénylbutène-1 (IV) a été vérifiée par l'ozonolyse qui nous a donné directement de l'acide benzoïque.

Le bromo-4 éthoxy-3 phénylbutyne (III) s'obtient avec un rendement de 60 % par condensation de l'oxyde d'éthyle α-β-dibromé sur le magnésien du phénylacétylène :



$$C_6H_5-C\equiv CMgBr + C_2H_5O-CHBr-CH_2Br \rightarrow Br_2Mg + C_6H_5-C\equiv C-CH(OC_2H_5)-CH_2Br$$

Les bromures I, II et III fixent facilement une molécule de brome en donnant les tribromophénylbutènes correspondants qui ont pu être isolés à l'état cristallisé et fondent respectivement à 80°, 43° et 64°.

Seul, le premier : bromo-3 phénylbutyne-1, dans la molécule duquel le brome occupe une position privilégiée, se prête à quelques réactions de double décomposition : il réagit en particulier, d'une façon normale, avec l'éthylate de sodium et avec le malonate d'éthyle sodé: par contre il ne donne rien avec le cyanure de potassium dans les conditions habituelles. Il a une grande tendance à céder une molécule d'acide bromhydrique en engendrant le phényl-1 buténype-3.1 (V) qui se forme déjà dans la proportion de 27 %, en mélange avec l'éthoxy-3 phénylbutyne-1 (VII), par ébullition avec une solution hydro-alcoolique de potasse.

Le bromo-4 phénylbutyne et le bromo-4 éthoxy-3 phénylbutyne perdent BrH par ébullition avec la potasse alcoolique et par action des alcoolates alcalins. Avec le premier on prépare ainsi le phényl-1 buténype-3.1 avec un rendement de 45 % (le rendement est limité par la formation de résines); le second conduit à l'éthoxy-3 phénylbuténype-3.1 (VI).

Le phényl-1 buténype-3.1 que nous avons obtenu également, mais avec un rendement faible, par action de la poudre de zinc sur le bromo-éthoxy phénylbutyne, est un liquide incolore d'odeur forte qui se polymérise rapidement en un liquide jaunâtre insoluble dans l'alcool. Il fixe deux molécules de brome en donnant le tétrabromo-1.2.3.4 phénylbutène-1, F 89°.

Hydrogéné sous pression, à 50°, sur Ni de Raney, il donne le butylbenzène normal. Si l'opération est effectuée sous la pression normale, l'absorption d'hydrogène s'arrête pratiquement lorsque les 2/3 du volume théorique ont été fixés. La courbe d'hydrogénation accuse un maximum très prononcé après la fixation d'une molécule H_2.

	Point d'ébullition.	d_4^{20}.	N_D^{20}.	Réfr. molée. calc.	Réfr. molée. tr.
I. $C_6H_5-C\equiv C-CHBr-CH_3$	E 20^{mm} : 132-133°	1,329	1,6050	50,56	54,14
II. $C_6H_5-C\equiv C-CH_2-CH_2Br$	18 : 145°	1,364	1,5951	50,56	52,07
III. $C_6H_5-C\equiv C-CH(OC_2H_5)-CH_2Br$	25 : 168	1,305	1,5638	61,44	63,00
IV. $C_6H_5-CBr=CH-CH_2-CH_2Br$	15 : 168	1,644	1,6082	59,86	61,01
V. $C_6H_5-C\equiv C-CH=CH_2$	20 : 96	0,948	1,6018	42,34	46,30
VI. $C_6H_5-C\equiv C-C(OC_2H_5)=CH_2$	6 : 116-117	1,013	1,5723	53,22	55,88
VII. $C_6H_5-C\equiv C-CH\begin{smallmatrix}CH_3\\OC_2H_5\end{smallmatrix}$	8 : 107	0,956	1,5268	53,65	55,88

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux nouveaux α-oximino-acides.* Note de MM. **Jacques Parrod** et **Max Rahier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons préparé, en appliquant la méthode de L. Bouveault et R. Locquin [1], l'acide méthylthio-4 oximino-2 butanoïque,

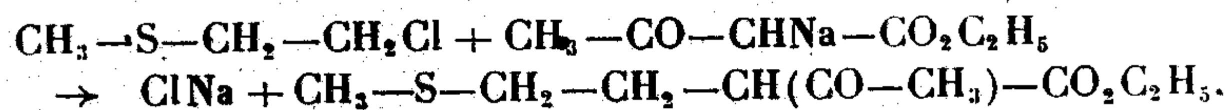
$$CH_3-S-CH_2-CH_2-C(NOH)-CO_2H,$$

dont la parenté avec la méthionine est évidente, ainsi que l'acide oximino-2 pentène-4 oïque,

$$CH_2=CH-CH_2-C(NOH)-CO_2H.$$

Au point de vue biologique, ces combinaisons ne sont pas dépourvues d'intérêt, car on entrevoit l'intervention de l'hydroxylamine et des oximino-acides dans le métabolisme de l'azote, mais notre but est surtout d'essayer de passer ensuite aux céto-acides correspondants.

Afin d'obtenir l'acide méthylthio-4 oximino-2 butanoïque, on commence par condenser, en présence d'éthylate de sodium et d'alcool absolu, le méthylthio-2 chloro-1 éthane et l'acétylacétate d'éthyle,

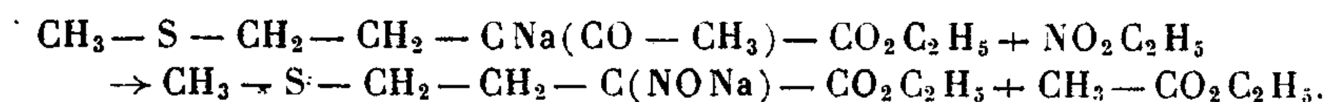


$$CH_3-S-CH_2-CH_2Cl + CH_3-CO-CHNa-CO_2C_2H_5$$
$$\rightarrow ClNa + CH_3-S-CH_2-CH_2-CH(CO-CH_3)-CO_2C_2H_5.$$

Après évaporation de l'alcool, l'acétyl-2 méthylthio-4 butanoate d'éthyle formé est rectifié. C'est un liquide jaunâtre, É 129° sous 5^{mm}, insoluble dans l'eau, miscible à l'alcool et à l'éther. Sa solution se colore en bleu sous l'influence d'une trace de chlorure ferrique. Lorsqu'on le traite par le nitrite d'éthyle et l'éthylate de sodium, la réaction de Bouveault et Locquin se

(1) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 3e série, **31**, 1904, pp. 1058-1061.

produit de façon régulière



$$CH_3-S-CH_2-CH_2-CNa(CO-CH_3)-CO_2C_2H_5+NO_2C_2H_5$$
$$\rightarrow CH_3-S-CH_2-CH_2-C(NONa)-CO_2C_2H_5+CH_3-CO_2C_2H_5.$$

La combinaison sodée est reprise par l'eau et l'acide sulfurique dilué, puis on extrait à l'éther. L'oximino-2 méthylthio-4 butanoate d'éthyle distille, après plusieurs passages, à 159-160° sous 2^{mm}. C'est un liquide jaunâtre, qui, par refroidissement, se prend en une masse cristalline blanche, F 44°, peu soluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther.

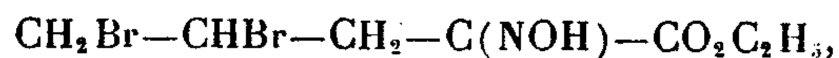
Pour saponifier ce produit, le mieux est de l'agiter plusieurs jours avec de l'acide chlorhydrique étendu; il se transforme en un liquide huileux, qui fait place peu à peu à de belles aiguilles incolores d'acide oximino-2 méthylthio-4 butanoïque, F 130°. Elles se dissolvent dans l'eau chaude, d'où elles cristallisent par refroidissement, dans l'alcool et les autres solvants usuels.

Nous avons obtenu l'acide oximino-2 pentène-4 oïque, en passant par des étapes analogues, à partir du bromure d'allyle. La combinaison résultant de la condensation de ce dernier avec l'acétylacétate d'éthyle avait été décrite, mais on ne trouve aucune indication concernant l'action du brome. Il réagit vivement sur l'allyl-acétylacétate d'éthyle, en solution dans le tétrachlorure de carbone, cependant, contrairement à ce que l'on pourrait attendre, dès les premières gouttes, on observe un dégagement d'acide bromhydrique, et nous avons isolé un produit de substitution monobromé, sans doute l'acétyl-2 bromo-2 pentène-4 oate d'éthyle, $CH_2=CH-CH_2-CBr(CO-CH_3)-CO_2C_2H_5$ cristallisé en prismes incolores, F 71°, solubles dans les solvants usuels, à l'exception de l'eau. Il décolore, sans dégagement notable d'acide bromhydrique, la quantité calculée de brome, ce qui confirme l'existence d'une liaison éthylénique dans sa molécule.

Traité par le nitrite d'éthyle et l'éthylate de sodium, l'allyl-acétylacétate d'éthyle donne l'oximino-2 pentène-4 oate d'éthyle

$$CH_2=CH-CH_2-C(NOH)-CO_2C_2H_5,$$

É 124-125° sous 3^{mm}. Il se solidifie en une masse d'aiguilles cristallines, F 9°,5, insolubles dans l'eau. Dissous dans le tétrachlorure de carbone, il décolore deux atomes de brome. Par évaporation, se déposent des prismes incolores d'oximino-2 dibromo-4.5 pentanoate d'éthyle



$$CH_2Br-CHBr-CH_2-C(NOH)-CO_2C_2H_5,$$

insolubles dans l'eau, solubles dans les autres solvants; on le purifie par cristallisation dans l'hexane, F 75°.

Saponifié en milieu chlorhydrique, l'oximino-2 pentène-4 oate d'éthyle fournit l'acide oximino-2 pentène-4 oïque, substance huileuse caractérisée par ses propriétés acides.

En résumé, nous avons indiqué deux suites de réactions, conduisant respectivement aux acides méthylthio-4 oximino-2 butanoïque et oximino-2 pentène-4 oïque, et nous avons décrit les principales propriétés des composés obtenus.

BOTANIQUE. — *Sur les galles de* Thonningia coccinea.
Note de M. **Georges Mangenot**, présentée par M. Roger Heim.

Les racines de *Thonningia* (¹) étendent sur de vastes surfaces leurs branches entrecroisées : elles rencontrent, partout, les racines des arbres environnants. Si un contact intervient entre l'une d'elles et une racine encore jeune et fine d'un arbre, une soudure s'établit entre les deux organes. Soudure d'abord superficielle, puis très intime; l'écorce de la jeune racine prolifère dans celle du *Thonningia* où s'organise une ébauche d'organe absorbant; la racine de *Thonningia* réagit : son parenchyme se recloisonne dans la région entourant le point de pénétration; ce dernier est bientôt recouvert par les tissus néoformés; la racine ainsi captée se flétrit dans sa portion apicale; désormais esclave au service de l'organe qui l'a prise, elle va s'épaissir peu à peu, son extrémité restant engagée dans la racine ravisseuse qui se gonfle, autour de sa proie, en une galle de plus en plus volumineuse. N'importe quelle espèce peut être capturée : des Moracées (*Antiaris*, *Myrianthus*), des Euphorbiacées (*Bridelia*), des Légumineuses (*Baphia*), des Apocynacées (*Funtumia*), etc. Une racine de *Thonningia* peut porter des galles formées à partir d'essences différentes. Seules les racines de plantes herbacées sont inutilisables.

Des coupes de galles de divers âges révèlent que la tumeur résulte d'un recloisonnement de plus en plus étendu du parenchyme fondamental de la racine du parasite. Dans ce parenchyme secondaire, dépourvu de piliers sclérenchymateux, se développe, de la même manière que dans la racine, un lacis de faisceaux libéro-ligneux surnuméraires; enfin, ce parenchyme est traversé, en tous sens, par les innombrables cordons, cylindriques ou aplatis, du système absorbant.

Un cordon absorbant se présente comme pourvu d'une écorce et d'un cylindre central; il est extérieurement limité par une nappe de cellules laminées, appartenant au parenchyme de la cécidie, et qu'il écrase au cours de sa croissance. *La structure des cordons absorbants est invariable, dans ses grandes lignes, quel que soit l'hôte capturé.*

Le cylindre central comprend, dans les parties les plus jeunes du cordon, quelques files de grandes cellules, d'abord globuleuses, puis allongées (*cellules de Heinricher* : ce savant les découvrit, en 1907, chez *Balanophora*), noyées dans la partie axiale d'un massif de petites cellules à contour polygonal, sans méats; celles de ces petites cellules qui sont au contact des cellules de Heinricher se différencient très tôt en vaisseaux réticulés, et cette différenciation

(¹) G. Mangenot, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 587.

s'étend en direction centrifuge. Puis, autour de ce groupe ligneux primaire, dont la disposition, sans pôles, n'est ni celle d'une racine ni celle d'une tige, se forme, au sein de la couche périphérique de petites cellules, une assise génératrice produisant, normalement, du bois et du liber. Ainsi se constituent des cordons libéro-ligneux qui seraient d'aspect banal si ne subsistaient, dans l'axe du cylindre ligneux, les cellules de Heinricher dont la paroi échappe, au moins pendant très longtemps, à toute lignification.

L'écorce comprend, intérieurement, une couche de grandes cellules dont l'extrémité interne, conique, s'insinue entre les éléments périphériques du cylindre central. Autour de cette assise, d'allure endodermique, on observe deux ou trois strates de cellules à paroi très mince, mais lignifiée (la lignification s'étendra aux parois externes de l'assise *endodermique*) et, enfin, autour de celle-ci, quelques couches de cellules à paroi mince et cellulosique. Très tôt, certaines de ces cellules, situées immédiatement sous le revêtement laminé, produisent des faisceaux libéro-ligneux surnuméraires, identiques à ceux du parenchyme de la cécidie et se raccordant avec eux.

Ces cordons s'allongent peu, mais se ramifient sans cesse dans le parenchyme dont l'hyperplasie est liée à leur développement. Ils ne possèdent pas de méristème : une écorce, d'abord peu différenciée (pas de cellules lignifiées ni de faisceaux surnuméraires), les engaine à leur sommet : de cette écorce apicale se détachent les éléments globuleux constituant les sommets des files de cellules de Heinricher.

L'étude cytologique montre que de tels cordons sont de véritables *chimères* : le cylindre central : bois — sauf les cellules de Heinricher —, liber, assise génératrice, est constitué par les cellules de l'hôte, souvent riches en amidon, caractérisées par leurs noyaux, dont la structure varie suivant les espèces. Les cellules de Heinricher et l'écorce appartiennent au parasite : on y retrouve ses noyaux caractéristiques ; on n'y décèle jamais d'amidon. Le parasite a *domestiqué* son hôte ; il vit en intime union avec lui, imposant à cette association une structure constante (le bois des cordons absorbants offre les mêmes dispositions que dans les parties libres ; mais les caractères propres au liber de chaque hôte, fibres, stratification, etc., ne se développent pas) ; par les cellules de Heinricher, il prélève à l'intérieur du cylindre ligneux et, par son *endoderme* papilleux, à l'extérieur du revêtement libérien, les matériaux apportés par les tissus conducteurs de l'hôte. Cet organe mixte se développe avec une synergie parfaite, sans séparation entre les tissus d'origine différente : seule la considération des noyaux ou celle de l'amidon permettent de tracer les frontières entre les deux espèces associées qui conservent intégralement, comme dans un bourrelet de greffe, leurs caractères cytologiques et biochimiques particuliers.

Telle est la structure de cet étrange cécidie : le parasite réagit, par une intense hyperplasie, à la pénétration, dans sa racine, de suçoirs formés à la fois par son hôte et par lui-même.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les enclaves de l'oospore de* Plasmopara viticola (*Berk. et Curt.*) *Berl. et de Toni.* Note de M. **Marcel Bosc.**

La nature des enclaves de l'oospore de *Plasmopara viticola* est à peu près inconnue. Arens (1929) (¹) signale des *inclusions en position centrale* et ajoute que « si on broie des oospores leur contenu se colore par le soudan ou l'acide osmique ». Notre étude a été faite à la fois sur du matériel fixé par les liquides de Meves, Champy, Nawaschin et non fixé. Les matières de réserve ont été suivies depuis la formation de l'oospore jusqu'à sa germination en avril-mai.

Le rouge neutre ne décèle pas de formations vacuolaires. Le bleu d'indophénol, le soudan III, l'acide osmique permettent de reconnaître, au début de la formation de l'oospore, la présence de globules lipidiques qui se groupent rapidement en un globule central, grosse vésicule dont l'éther dissout le contenu mais laisse apparaître la membrane qui présente alors l'aspect d'une pellicule plissée. Au cours des mois suivants, le gros globule prend une structure homogène et se résout en un grand nombre de petits globules peu avant la germination de l'oospore.

L'acide sulfurique et le lugol n'ont permis de mettre en évidence au niveau des globules ni chromolipides, ni carotinoïdes, ni galactolipines. La réaction de Liebermann, caractéristique du cholestérol et de ses esters, est négative ainsi que la biréfringence. Le bleu de Nil (coloration de L. Smith) les colore mais la régression par l'acide acétique est difficile. On peut donc penser qu'on se trouve en présence de glycérides, de lipides et d'acides gras. La fuchsine acide donne aux globules la même coloration et la même réfrigence qu'au chondriome, ce qui fait penser à une constitution lipo-protéidique des globules ou de la membrane qui les referme.

Les réactions des protides, cependant (Millon, Derrien et Turchini), sont négatives. En octobre, le bleu d'indophénol colore les globules lipidiques en violet (même après 6 heures d'immersion dans l'hydrate de chloral); en mai, ils prennent une coloration bleue. Cette variation de teinte paraît être sous la dépendance du pH des formations lipidiques. La présence d'acides gras pourrait la justifier. Voici, en effet, la teinte que prend le bleu d'indophénol en fonction du pH : 2, 2 : rose; 4, 5 : violet mauve; 6 : violet bleu; 7 : bleu un peu violacé; 8 : bleu. Les petits globules lipidiques observés en mai disparaissent progressivement et se fusionnent avec le cytoplasme. Ils sont alors masqués et rappellent les *cénapses* de Machebœuf (1937) (²).

Nous avons trouvé au début de la formation de l'oospore des granulations amyloïdes de 2 à 6µ, à cassure irrégulière, colorables très nettement en bleu

---

(¹) *Jahr. f. Wissensch. Bot.*, **70**, 1929, p. 57.
(²) *État des lipides dans la matière vivante*, Paris, 1937.

par le lugol. Ces granulations sont libres ou incluses dans une masse que le lugol colore en brun acajou ou en jaune. Malgré tout le soin que nous avons apporté à cette recherche, nous n'avons pu leur attribuer une origine mitochondriale. L'apparition des granules amyloïdes coïncide avec la coloration violette des globules lipidiques colorés jusqu'alors en bleu par le bleu d'indophénol. La concomitance de ces deux phénomènes permet de penser que les granulations amyloïdes se forment à partir des matières grasses par un métabolisme analogue à celui déjà connu pour la graine, laquelle, sous l'action d'une lipase, produit des substances sucrées avec mise en liberté d'acides gras disparaissant par la suite. La libération et la disparition d'acides gras permettent de justifier chez *Plasmopara viticola* la coloration violette et plus tard bleue que le bleu d'indophénol donne aux globules.

On peut penser que les granulations amyloïdes naissent dans le cytoplasme. Par ce mode de formation et par leur structure elles rappellent l'amidon des Algues Floridées (Mangenot, 1923)([3]). Cette analogie de métabolisme entre algue et « champignon aquatique » est à rapprocher de celle que nous avons déjà signalée ([4]) entre zoospores de *Plamopara viticola* et spermatozoïdes de *Fucus serratus* et de *Fucus vesiculosus*. Les granulations amyloïdes ont une existence très brève. Elles doivent, après modification chimique et fusion avec le cytoplasme, se condenser dans l'endospore où le carmin de Best et la réaction de Bauer révèlent la présence de saccharides.

A la germination on peut signaler une discontinuité morphologique du chondriome qui est à rapprocher de celle déjà signalée par Fauré-Frémiet (1921) ([5]) dans les œufs de *Sabellaria alveolata* L. On assiste ainsi à un vrai brassage de la matière vivante au moment où le noyau zygotique ([6]), par une série de divisions rapides, aboutit à la formation de noyaux promitotiques.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la cyclose sur les chondriosomes des cellules de Chicorée et de Scorsonère immergées dans l'eau.* Note de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

A quelques détails près, nous avons retrouvé avec les racines de Scorsonères les résultats de l'action de l'eau sur les cellules de Chicorée, résumés précédemment.

Dans une même cellule vivante, l'aspect des chondriosomes peut varier réversiblement plusieurs fois en 24 heures, et nous avons vérifié l'existence ([1])

([3]) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 183.
([4]) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 407.
([5]) *C. R. Soc. Biol.*, **85**, 1921, p. 986.
([6]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 584.

([1]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 970 et 1187; **224**, 1947, p. 359.

de relations entre ces variations et l'activité de la cyclose. Nous avons reconnu que lorsque les cellules demeurent dans l'eau dans des conditions telles que la cyclose soit très ralentie, elles présentent de longs chondriocontes. Il est possible d'obtenir ces chondriosomes démesurés, décrits après fixation ([1]), même sur des coupes vivantes montées dans l'eau, à condition de les abandonner pendant plusieurs jours en atmosphère humide, sans créer d'excitation par l'observation microscopique ou le renouvellement de l'eau de montage.

D'autre part, sur des coupes effectuées après immersion des tubercules dans l'eau pendant 12 à 24 heures (moins parfois), on retrouve ces grands chondriosomes en examinant *immédiatement* les préparations.

Dans d'autres séries d'expériences, 2 lots de fragments du même tubercule sont immergés dans l'eau distillée, l'un à la glacière (à 0°), l'autre à l'étuve à 26° pendant 4 à 24 heures. A 0°, ces tissus ne paraissent nullement souffrir : les cellules présentent une cyclose comparable à celle de témoins; les chondriosomes ne se modifient pas. Au contraire, la température de 26° est excessive; les cellules ne présentent plus de cyclose; corrélativement, elles renferment des chondriosomes hypertrophiés et démesurément allongés.

En prolongeant l'observation de préparations vivantes, renfermant de longs chondriocontes, on voit la cyclose redevenir active sous le microscope éclairé. Quelques minutes plus tard, les longs chondriocontes se sont segmentés en nombreux éléments beaucoup plus courts.

L'ensemble de nos expériences nous a conduit à reconnaître une double hétérogénéité des chondriosomes.

1° Le chondriome, considéré dans son ensemble, est hétérogène. P. Dangeard a déjà remarqué ce fait ([2]) en traitant des poils épidermiques par l'eau acétique. Sur notre matériel, l'action de l'eau seule permet de distinguer : *a.* les leucoplastes qui se transforment en vésicules parfois beaucoup plus volumineuses que le noyau; *b.* des chondriosomes qui s'hypertrophient, mais se vésiculisent peu; *c.* des chondriosomes qui ne réagissent pas sensiblement.

2° D'autre part, chaque chondriosome paraît lui-même hétérogène. Nous l'avions déjà signalé en étudiant la dédifférenciation. Mais Meites a réellement attiré l'attention sur ce fait ([3]) en observant la *granulisation* de chrondriocontes sous l'effet de l'eau benzinée.

L'eau distillée suffit à produire, chez la Chicorée, des altérations assez comparables; chaque chondriosome forme une succession d'articles renflés, séparés par des constrictions beaucoup moins réfringentes. Les plus courts n'ont généralement que 2 articles, les longs chondriocontes en ont fréquemment de 5 à 10. La technique de Regaud montre que certaines de ces

([2]) *Le Botaniste*, 1941-42, 31e série, p. 220.
([3]) *Thèse Fac. des Sc. Montpellier*, 1944, pp. 50, 70 et 144.

constrictions ne sont pas sidérophiles. Il semble qu'une substance peu colorable entoure les régions colorées par l'hématoxyline et soit seule présente dans ces constrictions. Sous l'effet de la cyclose, les régions étranglées s'étirent et se rompent, séparant les articles successifs. Ceci peut être observé directement sur le vivant.

Inversement, les chondriosomes ont la curieuse propriété de se disposer bout à bout, puis de confluer par leurs extrémités. Ces processus se produisent, sous l'effet de l'eau, uniquement lorsque la cyclose s'annule; nous n'avons pas réussi à les suivre au microscope, mais ils se déduisent des observations suivantes :

a. Lorsque les chondriosomes sont très longs, ils sont beaucoup moins nombreux dans chaque cellule que lorsqu'ils sont courts. Or nous n'avons jamais observé de destruction de chondriosomes dans ces processus. — *b*. Les préparations fixées et colorées montrent de nombreuses discontinuités, très peu colorables, dans les longs chondriocontes obtenus par l'immersion des tubercules. — *c*. On voit dans certaines de ces préparations, à côté de longs chondriocontes à constrictions peu colorables, des chondriosomes plus courts, nettement disposés bout à bout, mais ne paraissant pas anastomosés. — *d*. L'observation vitale nous a montré à plusieurs reprises que certains chondriocontes très longs se rompent *en quelques secondes*, dès que la cyclose renaissante les atteint, tandis que d'autres présentent des constrictions qui résistent plusieurs minutes (parfois plus de 15) aux forces d'étirement de la cyclose. Il y a donc des cas où les chondriosomes se sont simplement alignés bout à bout, et d'autres où cet alignement a été suivi d'une anastomose. Cette dernière se produit au moyen d'une substance peu colorable.

La cause de ces rapprochements ne nous est pas connue. Pourtant, nous avons observé que la cyclose, en se ralentissant, se localise parfois en travées entourant des territoires cytoplasmiques immobiles. Cette sorte de canalisation intervient probablement dans l'alignement des chondriosomes, en même temps que des forces électriques.

Terminons en remarquant que les chondriosomes sont courts dans les cellules à cyclose rapide comme dans les cellules présentant une grande activité (méristèmes, cellules en mitose); ils sont longs dans les cellules à cyclose lente, comme généralement dans celles qui paraissent peu actives (épidermes, parenchymes, etc.).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les hétérosides du* Catalpa bignonioides *Walt* (*Bignoniacée*) *et du* Paulownia tomentosa *C. Koch* (*Scrofulariacée*). Note (1) de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le *Catalpa bignonioides* et le *Paulownia tomentosa* sont deux arbres de port analogue mais dont les fleurs et les fruits très différents justifient leur place

(1) Séance du 17 février 1947.

dans des familles distinctes. J'ai recherché s'ils ne présentaient pas aussi une similitude biochimique en ce qui concerne leurs hétérosides.

La méthode biochimique de Bourquelot, appliquée à leurs écorces, feuilles, fleurs et fruits, a décelé presque partout la présence d'hétérosides hydrolysables par l'émulsine, avec brunissement de la liqueur et précipité noirâtre. Les fruits de *Catalpa* sont les plus riches en hétérosides : ils ont donné, en juillet, une déviation initiale très lévogyre ($\alpha = -9°$); l'émulsine y a formé $0^g,96$ de sucre réducteur pour 100^g frais, avec noircissement très net. Les fruits de *Paulownia* (placentas seuls) sont plus pauvres : déviation initiale $\alpha = -2°$, sucre réducteur formé $0,44^g$ brunissement moins intense. L'action de l'émulsine sur des liqueurs déféquées incolores de feuilles de *Paulownia* n'y a pas produit de jaunissement sensible. En général, le *Catalpa* donne des brunissements plus accentués et des indices plus faibles que le *Paulownia*.

En 1943, M^lle Chollet a extrait le catalposide des fruits de *Catalpa* [2]. Ignorant alors ses travaux, j'ai obtenu, vers la même époque, une cristallisation abondante après avoir repris par l'eau un extrait alcoolique de fruits verts de *Catalpa* : examinée plus tard, la substance obtenue a été identifiée au catalposide (rendement : 6^g brut pour 280^g de fruits); il est donc possible d'éviter la défécation plombique, ce qui augmente le rendement. La même méthode, appliquée aux fruits de *Paulownia*, avec ou sans défécation, n'a pas fourni de catalposide.

Une autre méthode a été appliquée aux écorces de *Catalpa* : la poudre sèche est épuisée par l'acétone; l'extrait acétonique est traité par l'eau bouillante; après séparation de la chlorophylle et des lipides, la liqueur aqueuse est soumise à la défécation plombique, avec élimination de l'excès de plomb par l'hydrogène sulfuré ; l'extrait déféqué est ensuite épuisé à plusieurs reprises par l'acétate d'éthyle bouillant. Les liqueurs obtenues laissent cristalliser un hétéroside différent du catalposide (rendement : $0^g,05$ pur pour 80^g d'écorces sèches). Il se présente en aiguilles solubles dans l'acide sulfurique avec coloration rousse, dans l'acide nitrique froid sans coloration. Il fond à 207°. Il est hydrolysable par les acides et par l'émulsine : sa solution jaunit, brunit, se trouble, avec précipité brun noir et formation d'un sucre réducteur dextrogyre. Il se distingue du catalposide par l'absence de saveur amère et de double point de fusion, par sa plus grande solubilité dans l'eau et son pouvoir rotatoire moins lévogyre. Il ne donne pas la réaction de Charaux caractéristique de l'aucuboside. Je pense que cet hétéroside est nouveau et je lui donne le nom de *catalpinoside*.

Dans les mêmes conditions, les écorces de *Paulownia* ont fourni $0^g,45$ d'un hétéroside qui présente toutes les propriétés précédentes du catalpinoside : il lui

(2) H. Colin, G. Tanret et M.-M. Chollet, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 677.

est probablement identique. Son pouvoir rotatoire en solution aqueuse est $\alpha_D = -93°$ (hydraté) ou $-102°$ (anhydre).

En outre, des écorces provenant d'un autre arbre ont donné une quantité bien inférieure de cet hétéroside accompagné d'un hétéroside différent ($0^g,35$ pur pour 80^g d'écorces sèches). Ce dernier se présente en longues aiguilles solubles dans l'acide sulfurique avec coloration bleu pourpre; dans l'acide nitrique avec coloration rouge. Il fond à 191°; son pouvoir rotatoire est $\alpha_D = -18°$. Par hydrolyse acide, il donne un aglycone insoluble devenant rose puis brun clair. Toutes ces propriétés ont permis de l'identifier au *syringoside* des Lilas et Troènes. Cela fait apparaître un lien biochimique entre les Oléacées et Scrofulariacées qui n'ont pourtant pas une étroite parenté systématique.

J'ai étendu mes recherches à quelques autres *Catalpa*. L'action de l'émulsine sur des liqueurs déféquées a montré l'existence d'hétérosides à aglycone brunissant, dans les rameaux, feuilles et fleurs de toutes les variétés examinées de *Catalpa bignonioides* : *pulverulenta* Hort., *Kœhnei* Dode, *japonica* Rehd., *purpurea* Rehd.; il faut y ajouter une variété *semiplena* que j'ai découverte dans le parc des Buttes-Chaumont et non mentionnée dans les ouvrages d'horticulture. Il en est de même du *C. speciosa* Warder, du *C. Kæmpferi* Sieb., du *C. Bungei* C. A. Mey. Le brunissement a été plus faible avec le *C. Duclouxii* Dode, nul avec le *C. Fargesi* Bur.

J'ai extrait le catalposide pur des fruits de *C. bignonioides* var. *japonica*, de *C. speciosa*, de *C. Kæmpferi* (ce dernier en contient très peu), et le catalpinoside pur des fleurs de *C. lignonioides* var. *Kœhnei*.

En résumé, le *Catalva* et le *Paulownia* renferment chacun, dans leurs écorces, un hétéroside nouveau à aglycone oxydable : sous réserve de vérification complémentaire, il paraît être identique dans les deux arbres, c'est le catalpinoside. Le *Paulownia* renferme en outre du syringoside.

ZOOLOGIE. — *Anatomie du système glandulaire céphalique chez* Bacillus rossii, Fabricius (*Orthoptères*). Note [1] de M. **Charles Boisson**, présentée par M. Maurice Caullery.

Depuis quelques années, l'attention a été attirée sur des organes glandulaires présents dans la tête des Insectes, restés longtemps mystérieux, ou considérés comme d'origine et de nature purement nerveuses; les recherches modernes ont montré qu'ils fonctionnaient comme de minuscules glandes endocrines, intervenant dans la mue, la métamorphose et aussi, dans certains cas, dans le fonctionnement génital.

Ces organes n'ont pas partout la même localisation précise, ni la même forme; et chaque espèce doit être examinée de très près à ce point de vue.

---

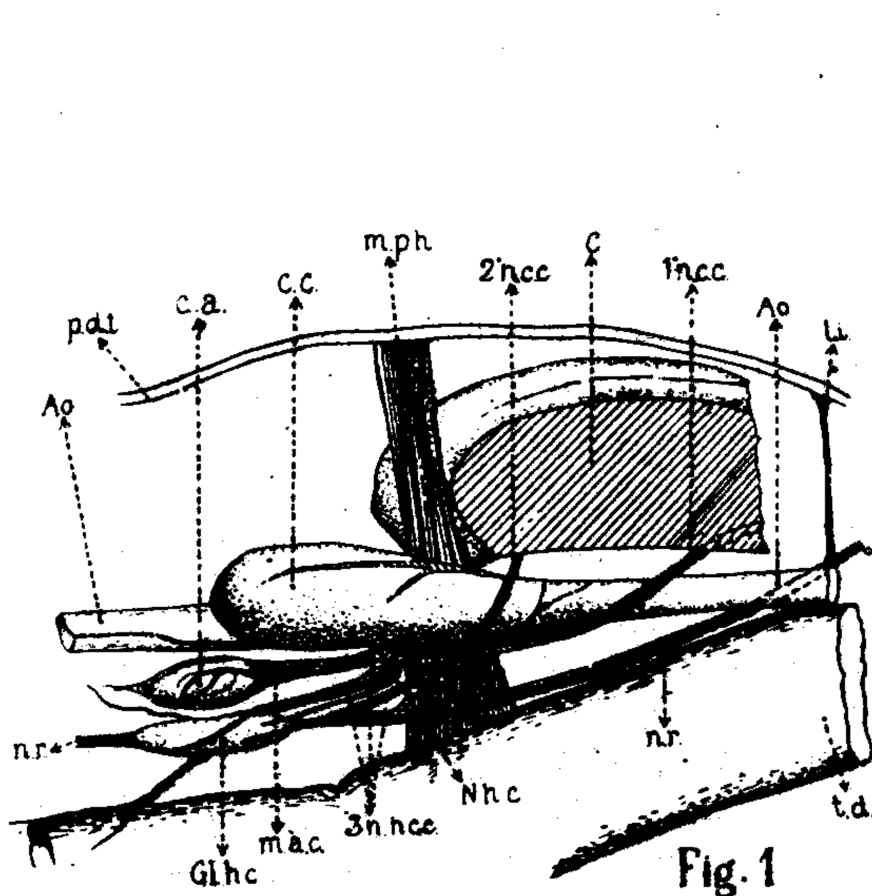
[1] Séance du 17 février 1947.

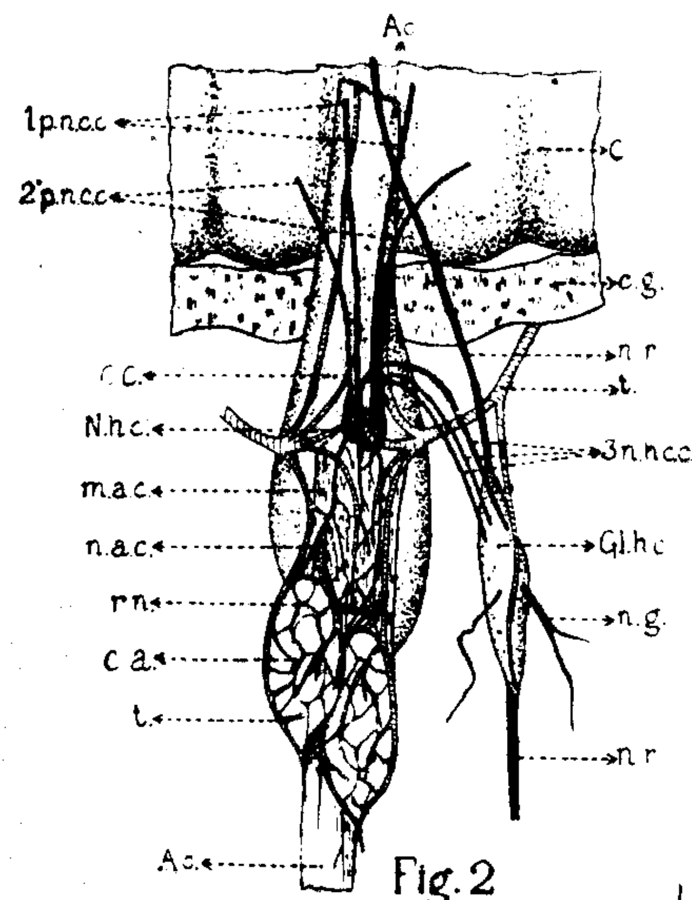
Les Orthoptères ont été assez étudiés; en particulier les Bacillinés parmi les Phasmides. Nous avons poursuivi depuis plusieurs années, chez *Bacillus rossii*, des recherches dont une partie que nous résumons ici concerne l'anatomie de la tête.

A vrai dire, ce même insecte avait été examiné par de Sinéty et Heymons; mais leurs données ont besoin d'être complétées et précisées.

Les auteurs semblent actuellement s'accorder pour décrire chez les Bacillinés, deux paires de glandes céphaliques différentes, visibles anatomiquement : les *corpora allata* et les *corpora cardiaca*. Il existe d'autres formations glandulaires microscopiques, dont nous ne parlerons pas ici.

Chet *Bacillus rossii*, les *corpora cardiaca* apparaissent comme deux épaississements latéraux et très saillants de l'aorte céphalique. Ils constituent deux petits organes allongés, en forme de larmes (*c. c. fig.* 1), placés sous la moitié postérieure du cerveau et prolongés en arrière.





Complexe hypocérébral de *Bacillus rossii* vu de côté (*fig.* 1) et par dessous (*fig.* 2); dessins demi-schématiques.

c., cerveau; *c. g.*, bande de corps gras; *c. c.*, *corpora cardiaca*; *Ao.*, aorte; *Gl. h. c.*, ganglion hypocérébral; 1° *p. n. c. c.*, 1° paire de nerfs cérébrocardiaques; 2° *p. n. c. c.*, 2° paire; *n. r.*, nerf récurrent; 3° *n. h. c. c.*, 3° nerfs hypocérébro-cardiques; *N. h. c.*, nœud hypocardiaque; *m. a. c.*, membrane allato-cardiaque; *n. a. c.*, nerfs allato-cardiaques; *r. n.*, réseau nerveux à la surface des *corpora allata*; *t*, trachées; *n. g.*, nerf gastrique; *p. d. t.*, paroi de la tête; *t. d.*, tube digestif; *c. a.*, *corpora allata*; *m. ph.*, muscle pharyngien.

Les *corpora allata* ont l'aspect de deux petites masses situées encore au-dessous et plus en arrière, juste au-dessus du tube digestif. Tous ces organes sont fortement innervés. Les *corpora cardiaca* reçoivent, au milieu de la ligne ventrale qui les réunit, deux paires de nerfs cérébro-cardiaques (1 *p. n. c.* et 2 *p. n. c. fig.* 1 et 2). Ils sont reliés, de chaque côté, au ganglion hypo- érébral (*gl. hc.*) par trois paires de nerfs hypocérébro-cardiaques (*n. hcc.*). Tous

ces filets nerveux pénètrent dans les *corpora cardiaca* au même point, que nous pouvons appeler le *hile* cardiaque commun aux deux organes. Un rameau trachéen s'insinue avec eux. Avant d'entrer dans le hile, toutes ces liaisons nerveuses et trachéennes forment une saillie : le *nœud hypocardiaque*.

Les *corpora allata* sont deux organules elliptiques séparés, mais contigus et décalés l'un par rapport à l'autre. Ils flottent dans l'hémolymphe, mais sont reliés au nœud hypocardiaque par une fine *membrane allato-cardiaque*. Sur celle-ci, on voir courir des filets nerveux et des rameaux trachéens, qui forment un réseau recouvrant les *corpora allata* sans pénétrer à leur intérieur. Deux des principaux filets nerveux proviennent de la deuxième paire de nerfs cérébro-cardiaques, dont ils se sont détachés aux niveau du nœud hypocardiaque. En réalité, comme les coupes histologiques le démontrent, la membrane allato-cardiaque est formée de deux feuillets indépendants, entre lesquels se trouvent logés les *corpora allata*.

Les filets nerveux entrent et se ramifient dans les *corpora cardiaca* où on les retrouve sur les coupes. Celles-ci montrent deux nerfs intra-cardiaques antérieurs, sur lesquels on observe deux petites masses ganglionnaires, une dans chaque corpus, un peu en avant du hile. Ce ganglion intra-cardiaque est relié par une fine anastomose au nerf cérébro-cardiaque de la première paire.

Mieux qu'une longue description, les deux figures demi-schématiques annexées à cette Note font comprendre la disposition et les rapports complexes de tous ces organes.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Les Tissus de régénération en culture* in vitro. Note de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les phénomènes de régénération, par leurs manifestations d'ordres divers, ont été rapprochés de ceux observés dans le développement embryonnaire. D'autre part, entre de nombreuses propriétés, le tissu embryonnaire montre une particulière faculté de survie *in vitro*. Nous avons recherché s'il en est de même pour le tissu de régénération. Nous avons utilisé, comme organe à explanter, des blastèmes de régénération de membres de Tritons crétés (*Molge cristatus*) adultes, prélevés à différents stades de développement. La mise en culture, en goutte pendante, faite selon les méthodes habituelles, a comporté un milieu ordinairement constitué de plasma de Poule, jus embryonnaire de Poulet dilué et sérum selon les cas [1]. Température optimum de culture, 21°C.

---

[1] L'emploi de plasma de Lapin, de jus de bourgeons de régénération broyés, nous ont donné des résultats identiques. L'asepsie préalable des régénérats a été réalisée par un premier lavage au Viviode (produit commercial), pendant une minute, suivi de lavages à l'hyposulfite de soude et au Ringer stérile, puis dépouillement du *stratum corneum* recouvrant le régénérat.

Le bourgeon de régénération est constitué d'éléments cellulaires variés et ceux-ci réagissent, *in vitro*, différemment. Dès l'abord, nous réservant de revenir sur ce sujet, nous signalerons que le complexe de régénération se manifeste surtout en trois directions évolutives : épithéliale, histiocytaire et surtout fibroblastique. Le temps de latence de croissance est, dans tous les cas, généralement long, eu égard aux tissus embryonnaires. Il est fonction de l'état de développement du régénérat. Dans le cas d'un explant de précartilage, la croissance n'a débuté qu'au dixième jour après la mise en culture. Ainsi le temps de latence exprime l'état de différenciation des éléments cellulaires du régénérat.

La croissance la plus immédiate est observée dans les bourgeons définis au stade de *cône*. Dans ses grandes lignes, l'allure générale de toutes les cultures rappelle celle observée avec les explants embryonnaires. Par ailleurs, alors que les tissus de régénération montrent une bonne aptitude à la culture, les tissus normaux du même organe, qui sont à l'origine de la formation du régénérat, en conditions identiques, ne montrent, eux, aucune aptitude. Ainsi, au cours de la régénération, les tissus intéressés directement à la nouvelle morphogénèse sont modifiés en un certain état de différenciation; placés *in vitro* dans les conditions énumérées ci-avant, ils manifestent alors des possibilités de croissance analogues à celles des tissus embryonnaires. Toutefois, cette analogie est limitée, ainsi que le montrent les résultats de l'expérience suivante : des portions, ou même des bourgeons entiers de régénération, ont été placés en flacons Carrel, dans la solution saline de Holtfreter, pendant des temps variables. Alors que des parties isolées d'œufs en gastrulation de Batraciens continuent leur développement (²), les explants des régénérats n'évoluent pas (³). Leur étude histologique montre qu'ils se sont conservés dans le même état. Ils ne possèdent pas le potentiel nécessaire pour se développer et se différencier isolément, comme les différentes parties du germe. Du reste, l'absence d'énergie résiduelle du régénérat nous semble expliquer, pour une part, le temps de latence signalé plus haut.

En conclusion, dans les conditions de la première méthode de culture, les tissus de régénération, par leurs réactions, se rapprochent des tissus embryonnaires; à l'encontre, ils s'en éloignent par la différence d'évolution mise en évidence dans les conditions de la seconde méthode.

(²) HOLTFRETER, *Arch. f. Entw. Mech.*, **124**, 1931, p. 404.

(³) Nous avons utilisé aussi d'autres solutions salines tamponnées avec les mêmes résultats.

GÉNÉTIQUE. — *Variation de la fréquence du gène sépia dans une population stationnaire de Drosophiles.* Note de M. **Georges Teissier**, présentée par M. Charles Pérez.

Une étude expérimentale de la sélection naturelle de la Drosophile m'a permis de constater, il y a quatre ans, qu'un gène nouveau un allèle de *sépia* en l'espèce, pouvait s'installer au sein d'une population dans laquelle il était apparu par mutation, qu'il pouvait s'y propager, malgré la concurrence de son allèle normale, qu'il pouvait enfin s'y stabiliser à une fréquence assez élevée. Cette population était maintenue stationnaire par une technique d'élevage dans laquelle, à chaque génération, plus de neuf dixièmes des larves sont éliminées automatiquement par le jeu de la concurrence pour l'aliment. J'ai dit, ici même, que la fréquence de se_{42} semblait s'être stabilisée pendant six mois aux environs de 0,225 (1).

La population dans laquelle est apparue se_{42} a pu être maintenue en bon état pendant vingt-huit mois; elle a été dédoublée au onzième mois, la population I continuant simplement l'évolution de la population primitive, la population II recevant deux mois après le dédoublement, un apport de Drosophiles sauvages d'origines diverses. Des dénombrements hebdomadaires ont permis de suivre les variations de la fréquence du gène mutant dans la population des œufs. Les chiffres obtenus ont été groupés en moyennes mensuelles et corrigés par le procédé des moyennes mobiles.

Le tableau ci-dessous, dont la partie correspondant aux huit premiers mois a été présentée précédemment sous une autre forme, montre que la stabilité approximative qu'avait présentée pendant près de six mois la fréquence du gène se_{42} était assez trompeuse.

Mois.	*se* %.	Mois.	*se* % I.		*se* % II.	Mois.	*se* % I.	*se* % II.
0	9,1	10	–	20,2	–	19	11,1	**17,5**
1	14,7	11	–	19,3	–	20	12,4	**15,7**
2	18,3	12	18,0		**18,0**	21	13,1	**15,2**
3	20,4	13	17,2		**17,3**	22	12,3	**14,0**
4	21,8	14	15,8		**19,1**	23	11,9	**12,9**
5	22,4	15	14,8		**21,6**	24	13,3	**13,1**
6	22,7	16	14,9		**21,4**	25	14,5	**13,8**
7	22,7	17	13,4		**20,3**	26	15,3	**14,8**
8	21,7	18	11,3		**19,5**	27	17,6	–
9	20,7							

On constate en effet, une fois éliminée la plus grande partie des irrégularités de mesures hebdomadaires, que la fréquence du gène mutant passe vers le dixième mois par un maximum d'environ 0,227, décroît ensuite et présente

(1) G. Teissier, *Comptes rendus*, 216, 1943, pp. 88-90.

un minimum deux fois plus faible vers le dix-neuvième mois, pour augmenter à nouveau jusqu'à la fin accidentelle de l'expérience, où la fréquence encore ascendante était les trois quarts de la fréquence maximum.

L'introduction de Drosophiles sauvages dans la population II, jusque-là identique à la population I, a été suivie presque immédiatement d'un accroissement de la fréquence de se_{42}, qui en deux mois atteint un maximum d'environ 0,22, pour décroître ensuite en huit mois jusqu'à 0,13 et augmenter à nouveau pendant les trois derniers mois de l'expérience.

L'amplitude des variations présentées par la fréquence des se_{42} dans la population I est en elle-même très digne de remarque. Il était permis de croire que, dans une population placée dans des conditions constantes, sous un régime alimentaire invariable qui fixe, à la fois, l'effectif des adultes et l'intensité de la concurrence larvaire, chacun des trois génotypes en présence posséderait une probabilité de survie déterminée et constante. La fréquence du gène se_{42} devrait, dans cette hypothèse, être une fonction monotone du temps et tendre vers un niveau d'équilibre stable. Puisqu'il n'en est pas ainsi et que, dans une même population, la fréquence du gène mutant peut présenter alternativement des périodes de stabilité, de croissance ou de décroissance, il nous faut conclure que les valeurs sélectives relatives des trois génotypes ne restent pas constantes au cours d'une même expérience.

Leurs variations ne sont certainement pas imputables à des modifications restées inaperçues des conditions d'existence de nos populations, puisque des changements importants de la température ou des conditions de nutrition ne provoquent pas de déplacements d'équilibre génique d'une amplitude comparable à beaucoup près, à ceux qui se produisent spontanément, en milieu constant dans des populations conservées assez longtemps. Le seul mécanisme qui me paraisse pouvoir être invoqué est d'ordre génétique. Si la probabilité de survie d'un génotype dépend de la composition génique de la population, et si d'autres systèmes d'allèles que celui sur lequel porte l'observation se modifient en même temps que lui, les phénomènes observés peuvent évidemment être plus complexes que ne le prévoit le schéma habituellement adopté.

L'introduction de Drosophiles d'origines diverses dans la population II était destinée à éprouver cette conception. Les résultats de cette tentative, sans être absolument probants, sont en bon accord avec notre hypothèse. D'autres expériences, qui seront rapportées prochainement, apporteront à l'appui de celle-ci des arguments plus décisifs.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Production bactérienne* directe *d'acide pyruvique aux dépens de l'acide malique.* Note (1) de M. **André Lwoff** et Mlle **Relda Cailleau**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le mutant S de la bactérie *Moraxella Lwoffi* oxydant l'acide *l*-malique en présence d'inhibiteurs de l'oxydation de l'acide oxaloacétique (2), le problème de la nature du produit du métabolisme propre de l'acide malique se posait tout naturellement.

Les cultures développées dans un milieu à l'acide malique (2) et dont la croissance est arrêtée par suite de l'épuisement de l'aliment carboné sont mises en œuvre sans centrifugation ni lavage préalable. Le milieu ne renferme à ce moment ni acide oxaloacétique, ni acide pyruvique [dosage par les méthodes de Straub (3)].

Dans les cultures arrêtées, supplémentées en acide malique et agitées en présence d'air à 28°, la recherche de l'acide pyruvique est négative. Mais l'acide pyruvique étant utilisé par les bactéries, ce résultat négatif était sans signification.

En recherchant des inhibiteurs spécifiques de l'oxydation de l'acide pyruvique, nous avons constaté que le 2.4-dinitrophénol $5M \times 10^{-5}$ empêche la croissance des bactéries aux dépens du malate dont la vitesse d'oxydation est légèrement ralentie alors que l'oxydation de l'acide pyruvique est très fortement réduite.

Si l'on ajoute aux bactéries agitées à 28° de l'acide malique et du dinitrophénol $5M.10^{-5}$, on constate qu'il y a accumulation d'acide pyruvique dans le milieu. C'est ainsi qu'en présence d'acide malique M/134, on a retrouvé après une, deux et trois heures respectivement 75, 111 et 150 μg/cm³ d'acide pyruvique. A-t-on le droit de conclure que cet acide pyruvique provient directement de l'acide malique?

Nous savons (2-4) que dans les conditions de l'expérience les bactéries oxydent une partie de l'acide malique en acide oxaloacétique, la concentration de celui-ci atteignant 100 à 150 μg/cm³. Mais l'acide malonique M/100 inhibe totalement l'oxydation de l'acide oxaloacétique M/1000 (2). Or nous avons constaté que l'acide malonique M/100 n'empêche pas l'accumulation d'acide pyruvique en présence de dinitrophénol. L'acide pyruvique ne provient donc pas de l'oxydation enzymatique de l'acide oxaloacétique. Mais il pouvait provenir de la décarboxylation spontanée de cet acide. L'expérience suivante élimine cette hypothèse.

---

(1) Séance du 24 février 1947.

(2) A. Lwoff, A. Audureau et R. Cailleau, *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 303-305.

(3) *Zeits. Physiol. Chem.*, **244**, 1936, p. 105.

	Départ (1)			30m		60m	
N°	a. m. (2) M/135.	a. o. a. (2) M/1000.	d. n. p. (2) $5 M.10^{-5}$.	a. p. (2) (g/cm³).	a. o. a. (g/cm³).	a. p. (g/cm³).	a. o. a. (g/cm³).
1.......	o	+	o	3	66	3	7,5
2.......	o	+	+	7,5	126	10	122
3.......	+	o	+	24,5	82	35,5	110
4.......	+	+	+	28	207	38,5	218

(1) Les chiffres représentent la concentration initiale dans le milieu.
(2) a. m. = acide *l*-malique; a. o. a. = acide oxaloacétique; a. p. = acide pyruvique; d. n. p. = 2.4-dinitrophénol.

On voit que dans la fiole 1, l'acide oxaloacétique a été oxydé et qu'il ne s'est pas accumulé d'acide pyruvique. Dans la fiole 2, la teneur en acide oxaloacétique n'a que très peu diminué. L'acide pyruvique trouvé représente la somme de l'acide pyruvique formé par décarboxylation spontanée et par oxydation enzymatique, celle-ci étant en tous cas des plus réduites. Enfin, en présence d'acide malique (fiole 3) ou d'acide malique + acide oxaloacétique (fiole 4) la différence de la teneur en acide pyruvique est de 3 μ g/cm³. La concentration en acide oxaloacétique de la fiole 3 a varié de 0 à 110 μ g/cm³, celle de la fiole 4 de 135 à 218 μ g/cm³. Or, le dinitrophénol empêche l'oxydation de l'acide oxaloacétique (fiole 2), oxydation empêchée d'ailleurs, nous le savons (1 — 3), par l'acide malique lui-même. On est ainsi en droit de conclure que 80 à 90 % de l'acide pyruvique trouvé dans la fiole 3 a été produit aux dépens de l'acide malique même, et non de l'acide oxaloacétique.

Il est évident que la formation d'acide pyruvique aux dépens de l'acide malique résulte d'une décarboxylation et d'une oxydation. Nous savons déjà que la décarboxylation de l'acide oxaloacétique par le mutant S de *Moraxella* ne se produit qu'en présence d'oxygène (4). L'attaque des acides malique et oxaloacétique est contrôlée par une seule mutation et doit, en principe, dépendre d'un même enzyme responsable d'une décarboxylation oxydative. Si celle-ci, comme l'hypothèse en a été émise, est liée ou couplée à une phosphorylation, l'acide pyruvique proviendrait de la décarboxylation d'un acide phosphomalique dont nous n'avons pu encore démontrer l'existence.

Il n'en reste pas moins que le mutant S de *Moraxella Lwoffi* est capable de produire de l'acide pyruvique aux dépens de l'acide *l*-malique sans passage par l'acide oxaloacétique. Contrairement à l'opinion généralement admise, l'acide oxaloacétique ne représente donc pas une étape obligatoire entre l'acide *l*-malique et l'acide pyruvique.

---

(4) A. Lwoff et A. Audureau, *Ann. Inst. Pasteur*, 1947 (sous presse).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'azide de sodium* N_3Na *sur la respiration et la fermentation de Esch. Coli.* Note de MM. **Eugène Aubel** et **Jekisiel Szulmajster**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'azide de sodium, dont on doit à Keilin l'emploi comme inhibiteur de la respiration, s'est montré dans les expériences suivantes sur Esch. Coli, totalement inactif, contrairement à ce qui se passe dans le cas des tissus ou des levures. Les expériences ont été faites avec deux races de Coli, l'une provenant de l'Institut Pasteur, l'autre du Lister Institut. Le milieu de culture était le suivant : peptone bactériologique Byla 10ᵍ, glucose 10ᵍ, phosphate dipotassique 2ᵍ, eau 1000$^{cm^3}$. Les bactéries âgées de 16 heures ont été lavées une fois avec NaCl à 9 ‰ et soumises une heure à l'action d'un courant d'air. Les suspensions sont faites dans un tampon de phosphate M/15. Les mesures ont été faites par la méthode manométrique de Warburg, à 37° pour le Coli, à 25° pour la levure. Les résultats sont exprimés en Q_{O_2} pour les expériences en aérobiose, $Q^N_{H_2}$, $Q^N_{CO_2}$ pour les expériences en anaérobiose. Voici les résultats :

a. Pour la respiration. — L'azide est ajoutée en présence de substrat :

Substrat	Qo_2	
Glucose M : 90	— 92	— 93,6
» + azide M : 1600	—121,6	—112
»	— 93,6	— 95
» + azide M : 800	—128	—121
Pyruvate de sodium M : 28	— 52	— 31
» » + azide M : 1600	— 67,3	— 32,5
» »	— 65,3	
» » + azide M : 800	— 76,6	

Ces expériences furent faites à pH 6,8. Les résultats sont analogues à pH 5,2 et 7,2. Il en est de même si l'on ajoute l'azide aux bactéries un certain temps avant le substrat. Ceci confirme les résultats de Clifton et Logan.

b. Pour la fermentation. — L'azide est ajouté en présence de substrat à pH 6,8.

Substrat	$Q^N_{H_2+CO_2}$	$Q^N_{H_2}$	$Q^N_{CO_2}$
Glucose M : 90	+181,6	+100	+136,6
» + azide M : 1600	+ 4,8	0	+ 52,1
Pyruvate M : 28	+204,6	+ 74	+138,8
» + azide M : 1600	+130	+ 7,6	+126

Ainsi la respiration à partir du glucose ou du pyruvate n'est pas bloquée par N_3Na. Au contraire, la fermentation l'est, au moins en partie, et l'action se produit surtout sur le dégagement de l'hydrogène.

Fait important, il n'en est pas de même pour le succinate de Na et le fumarate de sodium, où l'on retrouve l'inhibition en ce qui concerne la respiration (ces corps ne subissent pas la fermentation).

Substrat.	Q_{O_2}
Succinate M:60	—57
» M:60 + Azide M:800	—12,5
» M:60	—48,5
» M:60 + Azide M:800	—14
Fumarate M:60	—37,5
» M:60 + Azide M:800	— 9,5

Si l'on compare ces résultats à ceux obtenus avec le glucose et l'acide pyruvique, il apparaît difficile d'admettre que la chaîne respiratoire de ces derniers corps emprunte la voie des acides succinique-fumarique. Avec la levure de boulangerie, nous avons, à titre de contrôle, retrouvé à pH 5,2 l'inhibition de la respiration classique, mais aussi une inhibition partielle de la fermentation. Sur le glucose, $Q_{O_2} = -132,4$ sans azide, o avec azide et $Q^{N}_{CO_2+N_2} = +217$ sans azide et $+ 129,4$ avec azide.

SPECTROCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Réactions de fluorescence de quelques stéroïdes (hormones surrénales et sexuelles) avec le sulfate neutre de méthyle.* Note [1] de MM. **Charles Dhéré** et **Ladislas Laszt**, présentée par M. Louis Lapicque.

En ajoutant simplement du sulfate neutre de méthyle à divers stéroïdes, on obtient des liqueurs qui, tout en étant peu colorées, présentent (dans un faisceau convergent de rayons solaires) de belles fluorescences de colorations très variées : *rouge orangé* avec la désoxy-corticostérone, *orangé jaune* avec l'équilénine, *jaune vert* avec la corticostérone, *vert un peu jaune* avec l'équiline et l'œstradiol, *vert relativement franc* avec l'œstrone [2]. En lumière de Wood, on peut observer une fluorescence d'un *bleu violacé* avec la méthyltestostérone, alors que la testostérone fournit une fluorescence *verte*. Plusieurs de ces fluorescences sont fortes; quelques-unes (désoxy-corticostérone, anhydro-oxy-progestérone) d'une intensité prodigieuse. On entrevoit donc les applications possibles de ces réactions aussi bien au dosage qu'à la détection chimique ou histo-chimique de ces stéroïdes, tout spécialement en utilisant, pour l'excitation, des radiations visibles sélectionnées, permettant (comme nous l'avons constaté) d'exclure, dans un mélange, la fluorescence d'un ou de plusieurs stéroïdes.

Nous communiquons aujourd'hui, d'une façon extrêmement résumée, les résultats obtenus dans l'étude des spectres d'absorption et de fluorescence de 10 stéroïdes cristallisés et purs. Généralement, après une évolution de la

---

(1) Séance du 24 février 1947.

(2) Réactions effectuées dans des conditions identiques (durée, température, etc.).

réaction plus ou moins longue, on parvient à un terme d'une assez grande stabilité. A froid, la plupart de ces réactions évoluent lentement; en chauffant avec précaution, on détermine une accélération considérable. Certaines bandes d'absorption ont leur intérêt propre; on doit aussi en tenir compte dans l'interprétation de la structure des spectres de fluorescence.

A. *Hormones surrénales.* — 1° *Désoxy-corticostérone.* — Liqueur bleue. Deux bandes d'absorption : très forte entre λ 617 et λ 588 mμ; faible entre λ 565,5 et λ 546,5. Deux bandes de fluorescence : très brillante entre λ 653 et λ 615; notablement moins lumineuse entre λ 550 et λ 515, avec lueur jusqu'au violet. (Tout au début de la réaction, et en lumière de Wood, bande de fluorescence verte seulement.)

2° *Corticostérone.* — Liqueur presque incolore, sans absorption notable. Deux bandes de fluorescence, bien brillantes : orangée et verte, avec émission intermédiaire. Tardivement, bande d'absorption dans l'orangé, un peu plus réfrangible que celle de la désoxy-corticostérone; séparation nette alors des deux bandes brillantes. A ce stade ultime, fluorescence orangée de la liqueur (devenue à peine bleue).

B. *Hormones sexuelles.* — 3° *Œstradiol.* — Liqueur très légèrement rosée. Bande d'absorption entre λ 536,5 et λ 511. Bande de fluorescence verte entre λ 569,5 et λ 533. Cette émission se prolonge faiblement jusque dans l'orangé.

4° *Œstrone.* — Liqueur un peu bleue à la longue. Bande d'absorption assez faible entre λ 533 et λ 512. Bande de fluorescence intense étendue de λ 565 à λ 530. Lueurs en deçà et au delà.

5° *Équiline* (³). — Liqueur d'abord un peu jaune puis teintée de rose. Fluorescence magnifique, apparaissant, comme celle de l'œstrone, très rapidement. Bande d'absorption entre λ 533 et λ 513. Au début, autre bande d'absorption entre λ 477 et λ 457 (bande semblable pour l'œstrone). Forte bande de fluorescence étendue de λ 566 à λ 531 (avec prolongement jusqu'à λ 485 au début). Émission notable jusque dans l'orangé.

6° *Équilénine.* — Liqueur acquérant peu à peu une nuance framboisée. Bande d'absorption intense de λ 554 à λ 518. Forte fluorescence comprise entre λ 658 et λ 553. Réaction rapide (⁴).

7° *Progestérone.* — Réaction lente et complexe. A la fin, liqueur framboisée. Deux bandes d'absorption : de λ 624 à λ 577 et de λ 512 à λ 473. Deux bandes de fluorescence : de λ 653 à λ 614 et de λ 577 à λ 503.

8° *Anhydro-oxy-progestérone.* — Grandes analogies spectrales avec la désoxy-corticostérone (hydroxy-21- progestérone.) (Bande d'absorption aussi sur λ 479.) Vive fluorescence rouge apparaissant bien plus rapidement.

---

(3) Les cristaux d'équiline présentent une forte fluorescence bleu violet.

(4) La fluorescence rouge orangé de l'équilénine n'est pas excitée par la raie Na 589 mμ, qui excite intensivement les fluorescences rouge orangé d'autres hormones (désoxy-corticostérone, etc).

9° *Testostérone*. — Fluorescence verte, rapide, en lumière de Wood; verdâtre et peu intense au soleil. Émission dans presque tout le spectre visible avec maximum correspondant à la plage verte. Pas de bande d'absorption nette.

10° *Méthyltestostérone*. — Superbe fluorescence presque immédiate, rappelant, au soleil, celle de la fluorescéine. Liqueur jaunâtre, à forte bande d'absorption entre λ 508 et λ 478. Bande de fluorescence principale entre λ 564 et λ 510. (N. B. — La fluorescence d'un bleu violacé, signalée au début de notre Note, ne s'observe qu'à un stade très avancé.)

Ne manquons pas de dire que Mary Christine Rosenheim a fait connaître, il y a une trentaine d'années ([5]), la réaction que l'oxycholestérol (mais non le cholestérol) fournit en présence du sulfate neutre de méthyle. Toutefois, ce cas resta isolé; on ne soupçonna pas tout le parti qu'on pouvait tirer de la « Réaction de Mary-C. Rosenheim » dans l'étude des stéroïdes.

Un mémoire, avec photographies spectrales, paraîtra prochainement.

TOXICOLOGIE CELLULAIRE. — *Le mécanisme de l'action insecticide du dichloro-diphényl-trichloréthane (D. D. T) et la règle thermodynamique des narcotiques indifférents*. Note de M. **Pierre Gavaudan** et M^lle **Hélène Poussel**, transmise par M. Robert Courrier.

Le dichloro-diphényl-trichloréthane (D. D. T.) exerce une action insecticide puissante dont les modalités ont fait l'objet de très nombreuses descriptions. Mais on ne sait rien de précis sur le mécanisme d'action de cette substance dont le pouvoir toxique apparaît encore comme assez mystérieux.

Parmi les hypothèses proposées retenons surtout celles de l'hydrolyse avec libération d'acide chlorhydrique [H. Martin et R. L. Wain ([1])] et de la liposolubilité. J. R. Busvine ([2]), cependant, n'a rien pu conclure de sa comparaison de la vitesse d'hydrolyse, de la liposolubilité et de la toxicité du D. D. T. et de quelques composés analogues. Cet auteur a remarqué, d'une part, que le diméthoxy-diphényl-trichloréthane, dont la vitesse d'hydrolyse est lente, possède un fort pouvoir toxique et, d'autre part, que dans les conditions expérimentales qu'il avait choisies, la liposolubilité ne semblait pas jouer un rôle déterminant.

Si l'on considère *a priori* le D. D. T. comme une substance exceptionnelle, le problème est difficile à résoudre, mais si l'on admet qu'il n'est qu'un des membres les plus actifs d'une vaste classe de composés, déjà assez bien connus, on peut proposer une hypothèse de travail intéressante. En effet, nous avons observé que de nombreux dérivés chlorés de carbures aliphatiques exercent des actions narcotique (mito-inhibition dans le méristème de blé), excitante

([5]) *Biochem. Journ.*, **10**, 1916, p. 176.

([1]) *Nature*, **154**, n° **3919**, 1944, p. 512.

([2]) *Nature*, **156**, n° **3954**, 1945, p. 169.

(déclenchement des contractions rythmiques du muscle de sangsue), ou les deux actions successivement (élévation du tonus puis inhibition des mouvements de l'intestin isolé du Lapin). L'hexachlorocyclohexane γ, qui est comme le D. D. T. un insecticide puissant, exerce les mêmes actions. Or tous ces composés agissent à des valeurs d'activité thermodynamique correspondant à la marge d'activité caractéristique des narcotiques indifférents (de 0,01 environ à l'unité).

Nous nous sommes demandé si le D. D. T. n'agissait pas selon un mécanisme analogue. L'extrême faiblesse des concentrations dans l'eau a vivement frappé les auteurs, qui, cependant, en négligeant la solubilité du D. D. T. dans l'eau n'ont pu faire une étude véritablement quantitative et se sont éloignés de la compréhension du mécanisme d'action. Nous avons trouvé par une méthode néphélométrique que la solubilité du D. D. T. dans l'eau avait la valeur approchée de 0,0001/1000 à 18° (28×10^{-8} M. g./L.). Cette valeur s'accorde assez bien avec celle de 0,00005/1000 qui peut se déduire des données biologiques de Rœder et Weiant ([3]). Supposant qu'il s'agit de solutions idéales, nous calculons l'activité thermodynamique par le rapport C/C_0 [concentration active/concentration saturante ([4])].

Les données concernant les concentrations toxiques (g./1000) sont empruntées aux auteurs cités.

$C_0 = 0{,}0001/1000$.	C.	$a = C/C_0$.
A. W. Lindquist et R. C. Bushland ([5]) : Larves de *Chaoborus punctipennis*	0,000013	0,13
Pupes de *Chaoborus punctipennis*	0,000036	0,26
P. M. Eide, C. C. Deonier, et R. W. Burrel ([6]) : *Carassius auratus*	0,0001	1
Sautet et al. ([7]) : Larves de *Culex pyrenaicus* (24 h.)	0,0001	1
Larves de *Theobaldia longeareolata*	0,00002	0,20
Rœder et Weiant ([3]) : *Periplaneta americana* : perfusion de la patte, neurones sensoriels (42 min.)	0,00001	0,10
Anderson ([8]) : *Daphnia magna* (32 h.)	0,000001	0,01

Le tableau montre qu'à des concentrations très faibles correspondent des activités thermodynamiques relativement élevées variant de 0,01 à l'unité (saturation). Ces valeurs sont comprises dans la marge des activités thermodynamiques critiques des narcotiques indifférents définie par la règle de Meyer et Hemmi ([9]) et par les exigences thermodynamiques impliquées par cette

([3]) *Science*, **103**, 1946, p. 304.

([4]) P. Gavaudan, M. Dode et H. Poussel, *Mémorial des Services chimiques de l'État*, **31**, 1944, pp. 384-423.

([5]) *Journ. écon. entomol.*, **37**, 1944, p. 842.

([6]) *Journ. écon. entomol.*, 38, 1945, p. 492.

([7]) J. Sautet, A. Audouin, G. Levavasseur et J. Vuillet, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 66.

([8]) Bertil G. Anderson, *Science*, **102**, 1945, p. 539.

([9]) *Bioch. Zeits.*, **277**, 1935, p. 39.

règle conformément aux vues de Ferguson ([10]), ainsi que nous l'avons montré avec Dodé ([4]).

D'après Meyer et Hemmi, les narcotiques indifférents agissent lorsqu'ils se trouvent à une concentration moyenne de 0,06 M. g./L. dans les lipoïdes cellulaires. D'après Busvine ([3]), la solubilité du D. D. T. dans l'huile d'olives est de 10% (0,28 M. g./L.). Supposant une analogie entre cette huile et le solvant lipoïdique cellulaire, l'activité thermodynamique dans ce dernier serait

$$a = \frac{N'}{N'_0}, \quad \text{soit} \quad \frac{0{,}06}{0{,}28} = 0{,}21.$$

L'activité étant égale, à l'équilibre, dans la phase lipoïdique cellulaire et dans le milieu extérieur, devra avoir également la valeur 0,21 dans ce dernier milieu. L'ordre de grandeur est précisément celui des valeurs calculées d'après les concentrations trouvées expérimentalement par les auteurs.

On peut donc penser, en principe, que le D. D. T. doit agir, comme les narcotiques indifférents, sur un substrat lipoïdique.

PROTOZOOLOGIE. — *Deux sporozoaires parasites d'*Ephestia kühniella Z. Note de M. SABBAS GHELELOVITCH, présentée par M. Émile Roubaud.

Cherchant à me rendre compte des causes qui provoquaient la mortalité des chenilles d'*Ephestia kühniella* Z. dans un élevage provenant du Moulin des Hôpitaux de Paris, j'ai pu constater que ces chenilles étaient parasitées par deux Sporozoaires différents.

Un de ces Sporozoaires, une Microsporidie, appartient au genre *Nosema*. Le parasite est localisé dans le corps adipeux des chenilles. Les dimensions de ses stades végétatifs et de ses spores sont un peu supérieures à celles données par Kudo ([1]) pour *Nosema bombycis*. Les jeunes méryontes monocluéés, de forme arrondie, de 2 à $4^{\mu},5$ de diamètre, ont un cytoplasme réticulé et un noyau rond à chromatine dispersée. Les stades plus âgés, le plus souvent binucléés, sont également sphériques et mesurent de 5 à 6^{μ} de diamètre. Ils ont un cytoplasme plus dense et leurs noyaux, de forme allongée, se colorent uniformément par l'hématoxyline ferrique. Les schizontes plurinucléés, à 5 à 6 noyaux, sont rares. Leurs noyaux sont sphériques et le cytoplasme dense laisse une zone claire autour des noyaux. Les sporoblastes, de forme allongée, sont longs de 6 à 8^{μ}. Leur cytoplasme est moins dense et se colore uniformément en bleu pâle par le colorant de Giemsa. Les spores elliptiques mesurent $4\text{-}5^{\mu} \times 2^{\mu}$. (En moyenne $4^{\mu},5 \times 2^{\mu}$). Leur filament polaire est long de 70 à 80^{μ} ([2]). N'ayant pas fait d'expériences d'infection croisée, entre les chenilles d'*Ephestia* et celles du

([10]) *Proc. roy. Soc.*, série B, 127, 1939, pp. 387-403.

([1]) *Illinois Biol. Monogr.*, 9, 1924, nos 2 et 3, p. 69.

([2]) L'extrusion du filament polaire a été obtenue en colorant une goutte de suspension des spores, séchée sur lame, par la méthode de l'imprégnation argentique de Fontana-Tribondeau.

Bombyx, j'hésite à affirmer que le parasite décrit appartient à une autre espèce que *Nosema bombycis*.

Les faibles différences qui existent entre les deux parasites peuvent être dues aux différences de milieu : le parasitisme dans deux organismes différents pourrait les expliquer. D'ailleurs, les caractéristiques morphologiques données pour *Nosema bombycis* varient sensiblement d'un auteur à l'autre. D'autre part, la spécificité de *Nosema bombycis* ne semble pas être absolue : ainsi Stempell a réussi à infecter expérimentalement les chenilles d'*Arctia caja*. La localisation stricte du parasite dans les tissus adipeux de l'hôte pourrait, pourtant, être considérée comme un argument en faveur de son originalité spécifique. Mais, ici encore, il faudrait rappeler l'expérience de Chorine ([3]) : n'ayant pas réussi à infecter par la voie buccale des chenilles de *Galleria mellonella* L., avec une *Thelohania* parasitant le corps gras des chenilles de *Vanessa urticæ* L. ([4]), il a pu cependant observer le début du cycle végétatif du parasite dans le sang des chenilles de Galleria, après l'injection dans leur cavité générale d'une suspension de spores. Les petites amibes sorties des spores injectées se multipliaient par division directe dans le sang de Galleria, mais étaient bientôt phagocytées par les cellules sanguines de l'hôte.

La Nosémose des chenilles d'*Ephestia* est une maladie mortelle; je n'ai jamais pu trouver un seul papillon parasité; les chenilles succombent avant la métamorphose. Leurs cadavres, littéralement bourrés de spores de Nosema, étaient nombreux dans mon élevage. Ces cadavres ont un aspect caractéristique : ils sont d'une couleur brun grisâtre et d'une consistance dure. Cet aspect les distingue facilement des cadavres des chenilles mortes par infections bactériennes, qui ont une couleur beaucoup plus foncée et dont les tissus en décomposition perdent rapidement toute consistance. Il est intéressant de noter que sur les frottis du liquide cœlomique des chenilles parasitées par le *Nosema*, on peut observer les images de la phagocytose des spores du parasite par les cellules sanguines de l'hôte. Les cellules bourrées de spores subissent finalement une lyse et le nombre des cellules sanguines dans le sang des chenilles parasitées devient moindre que celui des chenilles saines.

Le deuxième parasite, trouvé dans le même élevage, est une *Schizogrégarine*. L'infection semble être moins nocive, car je n'ai pas trouvé de cadavres de chenilles contenant des sporocystes de ce dernier parasite. Par contre, j'ai pu trouver les sporocystes de cette espèce chez un papillon. Comme, cependant, la disproportion entre le nombre des chenilles et celui des papillons parasités est très grande, et comme, d'autre part, les éclosions étaient exceptionnelles dans l'élevage, on peut supposer que les chenilles parasitées meurent au moment de la nymphose.

([3]) *Zbl. f. Bacteriol., Protistenk. u. Infektionskr.*, **117**, 1930, *p.* 86.

([4]) Les chenilles de Vanessa pouvaient être facilement infectées par la voie buccale.

La Schizogrégarine en question ne peut être classée dans aucun des genres jusqu'ici décrits. Il faut donc créer pour elle un genre nouveau, que je propose de dénommer *Cœlocystis*, en raison de la localisation du parasite dans le cœlome des insectes infectés.

Espérant pouvoir donner ultérieurement une description plus détaillée de cet organisme, je me bornerai à indiquer ici, brièvement, sa diagnose.

Genre *Cœlocystis* n. g. :

Trophozoïtes plus ou moins sphériques, intracellulaires, au noyau souvent excentrique. Schizontes le plus souvent sphériques également, Gamontes allongés, vermiformes. De l'union de deux gamontes résulte un seul Sporocyste; Spores octozoïques.

Cœlocystis ephestiæ n. sp. : Trophozoïtes de 3 à 5$^{\mu}$. de diamètre. Schizonte de dimensions variables (moyenne 14$^{\mu}$) contenant un nombre de noyaux ne dépassant pas 30-40. Spore : $14^{\mu} \times 6^{\mu}$.

IMMUNOLOGIE. — *Sur le mécanisme de l'adaptation* in vitro *d'un protéide à un antigène*. Note de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

1. Trois facteurs interviennent pour adapter *in vitro* un protéide à un antigène : la présence de l'antigène, l'intervention d'une contrainte extérieure et une alcalinité modérée (pH 8,5). Pour interpréter le résultat expérimental (1), considérons d'abord, sur un protéide quelconque en solution pure, la répartition spatiale des groupes dissociés. Chacun d'eux définit la présence d'une charge ponctuelle, positive ou négative. Plusieurs facteurs (angles de valence, nécessités stériques) interviennent pour assigner à chacune de ces charges une position caractéristique. Mais il ne s'agit là que d'une position *moyenne* autour de laquelle le groupe considéré subit des déplacements incessants (rotation et vibration). Il en résulte, pour la molécule, un certain degré de malléabilité et une aptitude à répondre aux influences extérieures, par des remaniements secondaires, comme le montre la facilité de la dénaturation des protéides.

Si nous introduisons maintenant, dans cette solution, la molécule d'antigène, trois éventualités sont possibles pour les charges électriques du protéide : *a*. les groupes dissociés de signe opposé à ceux de l'antigène entraînent la combinaison polaire, quelques-uns (2) étant placés d'emblée dans le rayon d'action moléculaire (4 à 5 Å), d'autres devenant susceptibles de remplir cette condition au cours des vibrations que nous avons envisagées précédemment; *b*. les groupes de même signe sont antagonistes à la combinaison; *c*. une partie importante des groupes, placée en dehors du rayon d'action moléculaire, reste indifférente.

Le mélange des deux molécules se trouve ainsi soumis à un ensemble

(1) J. Loiseleur, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 505.

(2) Nécessairement l'un des groupes, au moins, remplit cette condition.

d'attractions (groupes favorables) et de répulsions (groupes antagonistes), si bien qu'à l'état statique aucune modification ne se produit. Mais, si l'on fait intervenir une contrainte extérieure [violente agitation ([3]) ou action des ultrasons] en opérant vers pH 8, 5, le système évolue vers le minimum d'énergie potentielle, en augmentant donc les groupes favorables [orientation particulière des groupes [*a*]) et en éliminant les groupes antagonistes [*b*] (ces derniers s'effaçant en occupant une position permise par leur vibration). Il en résulte l'adaptation spécifique du protéide à la molécule antigénique.

2. On voit comment cette hypothèse de travail s'oppose à celle de Pauling ([4]). Pauling suppose le déroulement de la chaîne polypeptidique et la libération de ses deux extrémités qui deviennent ainsi susceptibles de s'adapter à l'antigène. Deux facteurs seulement interviennent alors : la présence de l'antigène et une valeur élevée du pH (pH 11). Cette technique, appliquée aux antigènes organiques de faible poids moléculaire, conduit aux résultats expérimentaux reproduits dans le tableau. La spécificité relative est indiscutable, comme il ressort de l'examen des colonnes verticales du tableau. Par contre, la spécificité absolue par rapport au témoin (ce dernier constitué par la globuline soumise au même traitement en l'absence d'antigène) est parfois peu marquée, ce qui peut être attribué à l'alcalinité élevée du milieu.

		Antigène en présence duquel la globuline a été dénaturée :		
		I.		
Épreuve de viscosité avec :	Témoin.	Ac. *d*-tartrique.	Hydroquinone.	Ac. anthranilique.
Ac. *d*-tartrique.......	+ 2,4	**+ 4,2**	+2,3	+ 2,9
Hydroquinone.......	+ 0,5	+ 3	**+3,1**	+ 2,9
Ac. anthranilique	+ 0,5	+ 2,7	+1,3	**+ 2,9**
		II.		
	Témoin.	Xylose.	a. salicylique.	*p*-phénylènediamine.
Xylose..............	+11,8	**+13,2**	−1,8	+ 4
A. salicylique........	+10,6	− 1,7	**+3,4**	+ 0,2
p-phénylènediamine...	+12,2	+12,7	+0,4	**+11,6**
		III.		
	Témoin.	Arginine.	Raffinose.	
Arginine	+ 4,1	**+ 7,6**	+4,1	
Raffinose...........	+ 3	+ 5,6	**+4,3**	

En résumé, l'intervention d'une contrainte extérieure permet d'abaisser le pH requis pour l'adaptation spécifique d'un protéide et d'augmenter ainsi le degré de spécificité.

([3]) Obtenue en faisant subir à la solution une série de passages successifs sous pression à travers les chicanes d'un homogénéisateur (chicanes constituées par une vis ne remplissant pas exactement son écrou).

([4]) L. Pauling et D. H. Campbell, *J. Experim. Med.*, 76, 1942, p. 211.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Données relatives à l'intoxication vermineuse expérimentale*. Note de MM. **Robert Deschiens** et **Maurice Poirier**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les extraits aqueux, alcooliques, acétoniques et trichloracétiques de certains Helminthes parasites, des familles des *Ascaridæ*, des *Tæniadæ*, des *Fasciolidæ*, et des *Paramphistomidæ*, permettent de réaliser une intoxication vermineuse expérimentale aiguë, subaiguë ou chronique du Cobaye, du Lapin, du Chat et du Rat.

On peut utiliser, à cet effet, l'extrait trichloracétique, obtenu suivant une technique dérivée de celle de M. Macheboeuf et R. Mandoul (1) que nous avons déjà décrite (2); celle-ci permet d'obtenir, en partant d'*Ascaris megalocephala* et d'*A. lumbricoïdes* une fraction toxique contenant des polypeptides non dialysables de la série des acides et des bases aminées aromatiques. La fraction toxique mise en solution isotonique et injectée dans l'appareil circulatoire du Cobaye (voie intracardiaque ou voie jugulaire), tue l'animal en moins de 25 minutes avec des doses de 2 à 6^{cm^3}, suivant les échantillons, correspondant à 1 à 3^g de vers par kilogramme de poids (1 à 3^{cm^3} par cobaye de 500^g). Ces accidents d'intoxication aiguë ont le caractère du choc anaphylactique histaminique. Le Cobaye peut être protégé contre eux par l'injection sous-cutanée préalable, 10 à 30 minutes avant l'injection toxique, de $0^{cm^3},5$ d'une solution de 0,5 % ($2^{mg},5$) de N. P. métoxybenzol, N. diméthylaminoéthyl, aminopyridine (2.787 R. P.), antihistaminiques de synthèse; cette posologie protège 1-*k* de cobaye contre 161 doses mortelles d'Histamine.

Cette première constatation, jointe à la nature des manifestations aiguës observées (broncho-spasme, contracture) militerait en faveur de la présence d'histamine dans l'extrait trichloroacétique d'*Ascaris megalocephala* et d'*A. lumbricoides*.

En outre, la réaction de Pauly (diazoréaction) est positive pour l'extrait trichloroacétique d'*Ascaris*, ce qui augmente les probabilités de la présence d'histamine ou d'histidine dans la fraction toxique séparée. Cependant, 2 à 5^{cm^3} d'extrait trichloroacétique d'Ascarides, mis à trois reprises différentes en présence d'intestins isolés de Cobaye, très sensibles, en solution de tyrode non glucosée, suivant la technique de Barsoum et Gaddum, n'ont pas provoqué la contraction du viscère.

Pour vérifier que l'extrait trichloroacétique d'*Ascaris megalocephala* ne contenait pas une substance masquant l'activité de l'histamine sur l'intestin isolé, nous avons ajouté 10 volumes de chlorhydrate d'histamine à 2^{cm^3} d'extrait trichloroacétique d'Ascarides, et ce complexe fut mis en présence d'un intestin

(1) *C. R. Soc. Biol.*, **130**, 1939, p. 1032; *ibid.*, **132**, pp. 124-126.
(2) R. Deschiens, *Bull. Soc. Path. exot.*, 3, 1942, pp. 115-121.

isolé sensible; des contractions dont l'amplitude correspondait à 10 volumes de chlorhydrate d'histamine furent constatées.

L'épreuve de l'extrait d'Ascarides sur l'intestin isolé de Cobaye ne confirme donc pas la présence d'histamine dans la fraction toxique séparée.

Nous ajouterons que l'extrait aqueux d'*Ascaris megalocephala* et d'*A. lumbricoides* ne provoque pas la contraction de l'intestin du Cobaye.

L'extrait trichloroacétique d'Ascaris, administré à 6 cobayes de 350 à 600^{g} en injections sous-cutanées, à doses réfractées de 2$^{cm^3}$ tous les 2 jours, pendant 8 à 21 jours (doses totales : 8 à 29$^{cm^3}$), a provoqué la mort de tous les animaux. L'intoxication vermineuse ainsi réalisée est comparable, du point de vue des manifestations pathologiques et des lésions anatomo-pathologiques, à celles que nous avons observées dans l'intoxication expérimentale subaiguë ou chronique du Cobaye par le chlorhydrate d'histamine. On note cliniquement un broncho-spasme intermittent, subintrant ou permanent et un amaigrissement profond, atteignant 50 % du poids initial de l'animal. Les lésions anatomo-pathologiques montrent, au niveau de l'appareil respiratoire, des bronches contractées et desquamées, de l'œdème pulmonaire, une importante ectasie vasculaire, une infiltration diffuse de la trame pulmonaire et des plages d'alvéolite séreuse; il existe une éosinophilie pulmonaire très légère. Les reins gros et congestifs sont le siège d'une nécrose glomérulaire et d'ectasie exsudative des tubes contournés, qui offrent de la dégénérescence segmentaire, Le foie est atteint d'ectasie vasculaire et de stéatose en foyers. Il existe une hyperleucocytose générale importante, portant sur les leucocytes neutrophiles dont le taux s'élève en moyenne de 40 % à 70 % ; il n'a pas été constaté d'éosinophilie générale.

Le liquide cœlomique et l'extrait aqueux d'*A. megalocephala* se comportent toxicologiquement, pour le Cobaye, comme l'extrait trichloroacétique, mais à des doses beaucoup plus élevées.

La toxicité de l'extrait trichloroacétique d'Ascaris se maintient pendant 5 à 8 jours à la température de 4°; elle se conserve pendant 1 mois au moins à — 15°.

L'ensemble des données que nous avons recueillies semblerait favorable à l'identification de l'histamine dans la fraction d'extrait d'Ascarides isolée par l'acide trichloroacétique; cependant, l'absence de contractions de l'intestin isolé de Cobaye suscite une réserve et pourrait faire penser que l'on se trouve en présence, non d'histamine, mais d'une base aminée voisine de celle-ci.

MÉDECINE. — *Mode d'administration de la pénicilline et son effet dans un cas de cancer disséminé du sein.* Note de M^{me} **Nadine Dobrovolskaïa-Zavadskaïa.**

Nous avons constaté, sur la Souris, une diminution de la constante de croissance et l'installation progressive d'une hyperémie massive, irréversible dans

les tumeurs sous l'influence de la pénicilline ([1]) et ([2]). Cet effet a été obtenu par des doses de 300 à 400 unités Oxford, administrées trois fois par semaine. Dans ces conditions, l'hyperémie, même très prononcée, du tissu néoplasique, n'a jamais été accompagnée d'hémorragie, malgré la persistance de la circulation dans les vaisseaux dilatés plusieurs mois après la cessation du traitement.

Ces observations ont servi de point de départ pour notre procédé d'administration de la pénicilline à une malade cancéreuse amputée des deux seins, qui avait déjà été longuement traitée à l'Hôpital Curie, par les rayons de Rœntgen, pour des métastases multiples, et qui fait actuellement de l'ascite. Son ascite la gênait de plus en plus, et elle souffrait beaucoup de douleurs, surtout dans le dos et du côté gauche du thorax où l'on pouvait supposer l'existence de métastases osseuses. L'examen histologique d'un nodule cutané, prélevé sous l'anesthésie locale (Dr Roux-Berger), montre un adénocarcinome mammaire, riche en tissu fibreux, mais à cellules cancéreuses extrêmement disséminées. La malade a été traitée du 14 novembre 1946 au 22 janvier 1947 par des injections intramusculaires de 20000 à 25000 U. O., tous les deux jours.

Les premiers trois jours, la circonférence du ventre s'est accrue de 93 à 96^{cm} (accroissement de 2^{cm} pour les huit jours précédents); la malade souffrait de gêne de la respiration et éliminait moins d'urine. Pour la soulager, nous lui avons retiré, par une petite ponction, 600^{cm^3} de liquide ascitique, très riche en albumine et contenant un peu de sang. Les douleurs, au niveau des métastases, continuèrent pendant quelque temps, quoique le soulagement momentané ait été net après chaque injection. Progressivement, ces douleurs se sont calmées. La malade respirait mieux, éliminait plus d'urine, mangeait avec plus d'appétit et venait seule pour ses injections. Les douleurs se renouvelaient pourtant avec l'accroissement de l'ascite, ce qui rendait nécessaire une ponction (600, 600, 800 et 2700^{cm^3}). Les douleurs se calmaient de nouveau et la malade revenait à ses occupations de ménagère.

L'effet analgésiant de la pénicilline, que l'on peut supposer chez cette malade, trouve son explication dans les modifications histologiques des tumeurs de souris traitées par ce produit. Le traitement étant interrompu 11 à 18 jours après son début, les tumeurs reprennent leur croissance habituelle. Néanmoins, la partie de chacune de ces tumeurs, qui existait au moment du traitement, s'est conservée, grâce à l'irréversibilité des modifications produites par la pénicilline, et se présente sur les préparations microscopiques sous forme d'une zone distincte que nous avons appelée « la zone pénicillée ». Le trait le plus caractéristique de cette zone est une hyperémie massive énorme, hyperémie qui non seulement désorganise la topographie du tissu tumoral, mais apporte probablement des modifications dans son métabolisme, intensifie les processus

---

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, **140**, 1946, pp. 425 à 427.

([2]) *Bull. du Cancer,* **33**, n° **3**, 1946, pp. 192 à 222.

d'oxydation et change le potentiel de reproduction de la cellule cancéreuse; du moins, nous n'avons jamais trouvé une mitose dans la zone pénicillée.

Que l'hyperémie calme les douleurs dans certaines conditions, le fait est connu (compresse chauffante, bouillotte); d'autre part, l'hyperémie pourrait rendre compte de l'accroissement accéléré de l'ascite chez notre malade au début du traitement. Cette constatation appelle, en même temps, à une certaine prudence : l'hyperémie doit être produite progressivement afin que la paroi vasculaire s'adapte à la dilatation sans éclater ni donner lieu à une hémorragie. Un autre point particulier, c'est que, contrairement aux maladies infectieuses, le traitement par pénicilline dans le cas de cancer ne devrait pas être interrompu aussi longtemps que possible; du moins sur la Souris, les tumeurs retardées dans leur croissance au cours du traitement ont presque toutes repoussées après sa suppression. Et pourtant, il n'y avait pas de révivifaction reproductrice à l'intérieur de la zone pénicillée où les cellules cancéreuses se trouvaient toujours sous l'influence de l'hyperémie. Le point de départ pour une nouvelle néoformation a été fourni par la couche périphérique, où les cellules cancéreuses ont pu rétablir leur potentiel de reproduction, peut-être grâce au contact avec les tissus normaux.

Quelques signes d'une certaine stabilisation du processus néoplasique ont également été constatés sur notre malade, à savoir : au niveau de la première ponction, il s'est formé un petit nodule dur qui n'a pas grossi par la suite; aucun nodule au niveau des trois autres ponctions. Le liquide ascitique, sanguinolent au début, n'a donné, dernièrement, aucun dépôt rouge après la centrifugation. La malade continue à vivre et à s'occuper de son travail.

En définitive, à la suite d'une étude de l'effet de la pénicilline sur les tumeurs chez la Souris, un traitement par une méthode analogue de doses moyennes espacées (20 000 à 25 000 U. Ox. tous les deux jours) a été entrepris sur une malade. Les faits nouveaux : suppression des douleurs et une certaine stabilisation de l'évolution néoplasique, se sont manifestés au cours de ce traitement (³).

A 16ʰ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16ʰ15ᵐ. L. B.

(³) Ce travail a été en partie fait sous les auspices de la « Donner Foundation ».

ERRATA.

(Séance du 17 février 1947.)

Note de Mˡˡᵉ *Monique Harrand*, Sur la structure du cyclohexane :

Page 463, dernière ligne du premier tableau, *remplacer* 9 *par* 7 et 38 *par* 36.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 MARS 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Félix Ehrenhaft**, Professeur à l'Université de Vienne, qui assiste à la séance.

CINÉMATIQUE. — *Sur les joints homocinétiques.* Note de M. **Jules Haag**.

1. Étant donnés deux axes quelconques Δ et Δ', il existe une infinité de manières de les accoupler par un joint *homocinétique*, c'est-à-dire réalisant la même vitesse autour de ces deux axes. Dans certaines machines, par exemple les machines à tailler les engrenages, l'un des axes Δ est fixe; mais, l'autre Δ' se déplace légèrement. Il s'ensuit que les angles de rotation θ et θ' autour de Δ et Δ' ne sont pas constamment égaux, ce qui peut avoir des inconvénients d'ordre technique. Il peut donc être utile de connaître la *variation de la différence* $\varepsilon = \theta - \theta'$ *pendant un tour complet* autour de Δ' (1).

2. Considérons d'abord deux axes orientés Δ et Δ', se rencontrant en O et faisant l'angle aigu α. Accouplons-les par un *joint de Cardan*. Soient OX le bras du croisillon qui est perpendiculaire à Δ et OY celui qui est perpendiculaire à Δ'. Appelons θ l'angle du plan $\Delta O \Delta'$ avec le plan ΔOX, compté positivement autour de Δ; soit θ' l'angle de $\Delta' O \Delta$ avec $\Delta' OY$, compté positivement autour de Δ'. Un calcul élémentaire (2) donne la relation

$$(1) \qquad \operatorname{tang}\theta \operatorname{tang}\theta' = -\cos\alpha.$$

3. Supposons maintenant les axes Δ et Δ' quelconques et considérons un axe intermédiaire Δ'', qui les rencontre en O et O', sous les angles aigus α et α'.

---

(1) Ce problème technique a été posé récemment par M. Burth au Centre technique d'études horlogères, à propos précisément d'une machine à tailler. M. Langue a été chargé de le résoudre numériquement, avec l'aide de mes conseils théoriques. C'est ce qui m'a conduit à la présente étude.

(2) En différentiant logarithmiquement, on retrouve immédiatement la relation bien connue $d\theta'/d\theta = \cos\lambda/\cos\lambda'$, où λ et λ' désignent les angles de Δ et Δ' avec la perpendiculaire au plan XOY.

Accouplons Δ'' à Δ par un *joint de Cardan*; soient OX et OY les bras respectivement perpendiculaires à Δ'' et à Δ. Accouplons de même Δ'' à Δ' par un autre joint, dont les bras O′X′ et O′Y′ sont respectivement perpendiculaires à Δ'' et à Δ'. Posons

$$\widehat{\Delta''OX,\ \Delta''O'X'} = \beta, \qquad \widehat{\Delta''O\Delta,\ \Delta''O'\Delta'} = \gamma,$$

ces angles étant mesurés algébriquement autour de Δ''. Posons encore

$$\widehat{\Delta O\Delta'',\ \Delta OY} = \theta, \qquad \widehat{\Delta''O\Delta,\ \Delta''OX} = \theta'', \qquad \widehat{\Delta'O'\Delta'',\ \Delta'O'Y'} = \theta', \qquad \widehat{\Delta''O'\Delta',\ \Delta''O'X'} = \theta'''.$$

On a $\theta'' = \theta''' + \delta$, avec $\delta = \gamma - \beta$. En appliquant successivement la formule (1) aux deux joints, puis éliminant θ'' et θ''', on obtient

$$(2) \qquad \frac{\operatorname{tang}\theta' + \operatorname{tang}\varepsilon}{1 - \operatorname{tang}\theta' \operatorname{tang}\varepsilon} = \cos\alpha \, \frac{\operatorname{tang}\theta' + \operatorname{tang}\delta \cos\alpha'}{\cos\alpha' - \operatorname{tang}\delta \operatorname{tang}\theta'}.$$

Pour que le double joint soit *homocinétique*, il faut et il suffit que ε soit constant. En écrivant que les deux fonctions homographiques en $\operatorname{tang}\theta'$ ci-dessus ont même pôle et même zéro, on obtient les deux solutions $\delta = 0$ et $\delta = \pi/2$. La seconde exige $\cos\alpha \cos\alpha' = 1$; elle est à rejeter. La deuxième exige $\cos\alpha = \cos\alpha'$, donc $\alpha = \alpha'$. Ceci nous donne une *infinité de joints homocinétiques permettant d'accoupler deux axes quelconques de l'espace* ([3]). Dans le cas particulier où Δ et Δ' sont parallèles ou concourants, on retrouve le *joint de Hooke*, fréquemment utilisé dans l'industrie.

4. Supposons maintenant que les conditions $\gamma = \beta$ et $\alpha' = \alpha$ ne soient *réalisées qu'approximativement*. L'angle ε n'est plus rigoureusement constant; il s'agit d'étudier sa variation quand θ' croît de 0 à 2π.

Posons $\gamma - \beta = x$, $\alpha' - \alpha = y$ et supposons x et y très petits. L'équation (2) s'écrit, au second ordre près en x, y :

$$(3) \qquad 2\varepsilon = x \frac{1 + \cos^2\alpha}{\cos\alpha} + \operatorname{tang}\alpha \,(y \sin 2\theta' - x \sin\alpha \cos 2\theta').$$

L'erreur ε comprend un *terme constant* proportionnel à x et un *terme sinusoïdal*, dont la période est un demi-tour et dont l'amplitude est

$$(4) \qquad R = \frac{1}{2} \operatorname{tang}\alpha \sqrt{y^2 + x^2 \sin^2\alpha}.$$

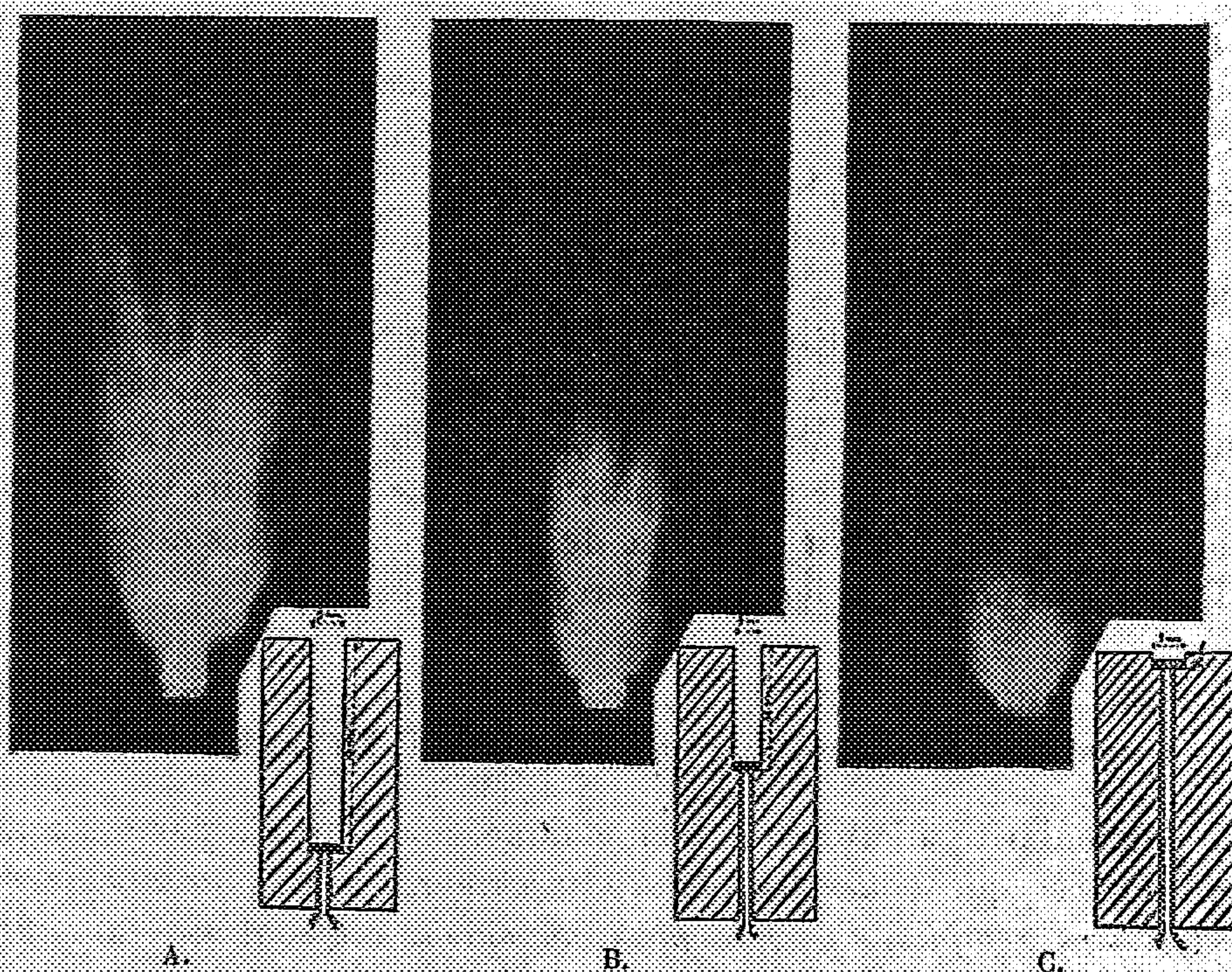
Pour rendre minimum l'oscillation de ε, il y a intérêt à *prendre Δ'' parallèle à l'une des bissectrices des directions Δ et Δ'*, comme dans le joint de Hooke. Si l'angle des deux axes est petit et si le rapport x/y n'est pas très grand, on a approximativement $R = (y/2) \operatorname{tang}\alpha$.

([3]) J'ignore si cette solution générale est connue. Je l'ai donnée pour la première fois comme exercice, en 1940, aux étudiants suivant mon cours de Mécanique rationnelle.

Des formules ci-dessus, on peut déduire des applications variées. Par exemple, on peut calculer les irrégularités de taillage d'un engrenage. On peut aussi évaluer les couples de torsion supportés par les arbres Δ et Δ', dans le cas d'une automobile à traction avant.

MICROPYROTECHNIE. — *Sur l'origine des luminosités qui accompagnent le tir des explosifs en trous de mine sans bourrage*. Note (¹) de MM. ALBERT MICHEL-LÉVY et HENRI MURAOUR.

Beyling, dans une série d'expériences exécutées entre les deux guerres au laboratoire de Derne, a montré que si l'on effectue des tirs sans bourrage dans des trous de mine d'égale profondeur, en augmentant progressivement le nombre des cartouches (l'amorce étant toujours placée au fond du trou de mine) les luminosités enregistrées photographiquement à la sortie du trou (axe de l'appareil photographique perpendiculaire à l'axe du trou de mine) sont d'autant plus intenses que le nombre de cartouches est plus petit, le maximum de luminosité étant observé avec une cartouche. Pour expliquer ce résultat à première vue paradoxal, l'un de nous a formulé l'hypothèse suivante (²) :



A. B. C.

Les luminosités observées ont pour origine principale, non les gaz produits

(¹) Séance du 24 février 1947.

(²) HENRI MURAOUR, *Mémorial de l'Artillerie française*, fasc. 1, 1946, p. 141.

par la décomposition de l'explosif, mais l'air contenu dans le trou de mine. Cet air, rendu lumineux par le passage de l'onde de choc, conserve cette luminosité pendant un temps appréciable après le passage de l'onde. C'est cet air *activé* qui, projeté en dehors du trou de mine, impressionne la plaque photographique.

Nous avons cherché à vérifier cette hypothèse par des expériences exécutées au laboratoire. Nous avons opéré avec un explosif, l'azoture de plomb, qui ne donne pas naissance en se décomposant à des gaz combustibles. Cet explosif a été utilisé sous forme de pastilles comprimées à 10080 kg/cm² et ayant les dimensions suivantes : diamètre : 9^{mm} ; épaisseur : $1^{mm},9$; poids : $0^{g},4$.

Chaque expérience a été exécutée en introduisant une pastille au fond d'un trou cylindrique dont le diamètre n'était que très légèrement supérieur à 9^{mm}, percé dans l'axe d'un cylindre de laiton de 4^{cm} de diamètre. La détonation était provoquée à l'aide d'un fil placé au fond de la cavité et porté au rouge par un courant électrique. L'expérience était exécutée dans l'obscurité devant l'objectif non diaphragmé d'un appareil photographique. Pour rendre les résultats absolument comparables, on a utilisé les plaques d'une même boîte qui ont été développées pendant le même temps et dans le même bain. Les figures A, B, C permettent de comparer les luminosités enregistrées dans trois expériences, la profondeur du trou au fond duquel était placé le comprimé d'azoture ayant été respectivement, pour l'expérience A de 70^{mm}, pour l'expérience B de 35^{mm} et pour l'expérience C de 5^{mm}. On voit que les luminosités enregistrées sont d'autant plus importantes que le trou est plus profond. Ce résultat est en parfait accord avec la théorie proposée. D'après nos travaux antérieurs, la luminosité doit disparaître à peu près complètement dans l'acide carbonique, gaz à forte chaleur spécifique moléculaire, c'est ce que nous avons vérifié. En accord également avec nos précédentes expériences, la luminosité est plus intense, à la sortie du trou, si l'on opère dans l'argon. Cependant, la hauteur de la luminosité est un peu plus faible que dans l'air, ce qui semble indiquer que la durée de vie moyenne de la molécule activée est plus courte pour l'argon que pour le mélange azote-oxygène.

PHYSIOLOGIE MOLÉCULAIRE. — *Les méats intercellulaires des plantes supérieures et leur signification.* Note de M. Henri Devaux.

Une particularité anatomique bien connue, mais qui n'a pas assez attiré l'attention, est que *toutes les plantes supérieures sont pourvues de méats intercellulaires remplis d'air, lesquels manquent au contraire absolument chez toutes les plantes inférieures.* Cette particularité constitue un caractère différentiel absolu entre les deux grandes catégories du règne végétal et la limite entre les deux est extrêmement précise.

Cette limite apparaît brusquement, en effet, à l'intérieur de la classe

des Mousses, au milieu de leur développement. La première génération de ces végétaux, dite haploïde, possède des tiges et des feuilles, mais elle n'a pas de racines ni de vaisseaux proprement dits et les méats aérifères y manquent aussi totalement. Dans la deuxième génération, la génération diploïde, qui vit en parasite sur la première et est dépourvue de tiges et de feuilles, il existe au contraire des méats, des lacunes et même des stomates, c'est-à-dire un système aérifère aussi complet que celui de n'importe quelle plante supérieure. Ce fait remarquable démontre que la naissance même des méats et du système aérifère est en relation, non avec la différenciation du corps en membres et en vaisseaux, mais avec la constitution intime des cellules, celle du protoplasma lui-même.

Or c'est la génération diploïde qui, chez les Cryptogames vasculaires et chez les Phanérogames, prend un grand développement végétatif avec, non seulement un système aérifère bien constitué, mais aussi des membres à fonctions spécialisées : la racine, membre absorbant; la tige, membre conducteur; la feuille, membre assimilateur et transpirateur. Eh bien ! ici encore l'existence des membres et des vaisseaux n'est pas absolument générale, car ces formations peuvent manquer totalement dans quelques cas. Tel est celui des *Volfia*, qui sont les plus petites plantes phanérogames connues, dont le corps entier, à l'état adulte, a moins de 1^{mm} de diamètre, corps sans tige ni feuille ni racine, réduit à un globule vert, flottant sur l'eau, et qui néanmoins est très riche en méats pleins d'air.

Ailleurs et spécialement chez les Orchidées, l'œuf donne naissance non à une plantule normale, mais à une masse tuberculeuse sur laquelle naissent tardivement des bourgeons et des racines, mais qui possède, comme les *Volfia*, un puissant système aérifère, témoignant que cette masse embryonnaire représente encore une plante supérieure.

Or une constatation du même ordre est présentée par l'immense ensemble de toutes les plantes vasculaires quand on considère leur premier développement. Dans un embryon ou dans un point végétatif quelconque, les parties devant constituer la racine, la tige et la feuille ne sont encore qu'à l'état d'ébauche, sans aucun vaisseau différencié; tout est une masse méristématique en cloisonnement. Pourtant ces très jeunes tissus possèdent déjà un système intercellulaire abondamment développé, rempli d'air gazeux, se montrant au microscope en lignes noires convergeant jusqu'au voisinage des initiales. Les méats y apparaissent par fissuration des membres pecto-cellulosiques encore très jeunes; ils confluent les uns avec les autres dans le sens longitudinal et arrivent à constituer tout un ensemble de canaux, *un système aérifère complet, montrant que ce système, plus hâtif que tout autre système de l'organisme végétal, est contemporain de la formation même des tissus* (¹). Dans ce système, l'apparition de l'air gazeux est conco-

(¹) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 14, 1891 et *P. V. Soc. Linnéenne de Bordeaux*, mars 1903.

mitante de la séparation des cellules, séparation qui s'effectue au milieu de la lamelle moyenne. Ceci a lieu même chez les plantes aquatiques complètement submergées, par une sorte de démouillage des parois en décollement et apparition d'air gazeux au lieu d'un liquide aqueux, tel que celui qui apparaît dans d'autres cas de délamination (cellules de la coiffe, cellules du tissu conducteur du style, etc.).

Au contraire, dans un point végétatif de *Fucus* ou d'algue à tissus massifs, les cellules sont plongées dans une gelée générale; il n'apparaît dans leurs méristèmes aucun espace intercellulaire rempli d'air. Les ampoules aérifères bien connues du *Fucus vesiculosus* et de quelques autres algues sont des formations très différentes des méats des plantes supérieures, à la fois par leur tardivité et par leur étroite localisation. Nous sommes ainsi mis en présence d'un caractère de supériorité, antérieur à tous les autres, plus général en particulier que l'existence de membres, racines, tiges et feuilles ou de systèmes internes tels que les vaisseaux. Ce caractère devrait être de minime importance puisqu'il n'intéresse que les tissus. Et cependant sa grande généralité, le fait que cette généralité est absolue, qu'il apparaît très hâtivement et qu'il persiste intact dans les cas où les autres caractères de supériorité n'existent plus (*Volfia*, embryons d'Orchidées), nous forcent à l'admettre, au contraire, comme plus fondamental que nous ne serions portés à le penser. Nous devons dès lors nous demander d'où vient cette importance.

Elle réside, évidemment, dans les rapports d'adhérence des cellules entre elles et, secondairement, de mouillabilité des surfaces quand cette adhérence disparaît par fissuration des lamelles mitoyennes. Partout où se produisent des méats, l'adhérence se présente au minimum et devient même négative puisque le clivage apparaît. Or, c'est au même moment qu'apparaît aussi l'air gazeux. Le clivage aurait pu être accompagné d'une sécrétion aqueuse, mais cela n'a presque jamais lieu. Il est au contraire accompagné d'un démouillage, c'est-à-dire non seulement d'une disparition complète des adhérences, mais d'une absence d'affinités même pour l'eau.

C'est en effet un des caractères les plus remarquables des parois des méats aérifères d'être douées d'une immouillabilité extraordinaire, mieux marquée et plus constante que celle qui existe, à l'extérieur du corps, pour l'épiderme de la tige ou de la feuille, et encore plus pour la racine dont la mouillabilité extérieure est au contraire nettement positive. On en a la preuve, du reste, en sectionnant sous l'eau une tige ou une racine d'un *Elodea* ou de toute autre plante supérieure aquatique : les espaces capillaires y restent remplis d'air gazeux, l'eau refuse absolument d'y pénétrer. Les régions des parois cellulaires tapissant les méats sont donc fortement hydrofuges et cela est d'autant plus frappant que les autres

régions de ces mêmes parois, celles qui sont contiguës à d'autres cellules, sont au contraire douées d'une forte adhérence les unes pour les autres, ce qui maintient la continuité des tissus de la plante. Cette dernière remarque est fondamentale. Elle souligne le fait qu'il existe autour des cellules des plantes supérieures, sur la limite extérieure des parois de chaque cellule, des affinités d'adhérence, les unes très fortes, les autres très faibles, et *c'est dans l'existence simultanée de ces affinités opposées que nous devons chercher la cause profonde de la supériorité de ces plantes.* Mais l'origine première de cette hétéro-affinité ne peut exister dans la membrane elle-même. Elle est dans ce qui a procédé à la formation de cette membrane, c'est-à-dire dans le protoplasma qui produit les matériaux et les organise suivant ses propres affinités.

Nous retrouvons ici le principe établi autrefois par Henri Milnes-Edwards, d'après lequel la supériorité des organismes réside dans leur organisation différentielle, mais nous remontons à l'origine de cette supériorité : une forte hétéropolarité des molécules vivantes..

Il est intéressant, pour terminer ces aperçus, de rappeler comment l'étude des Mousses et spécialement de la *Funaria hygrometrica* permet de rapporter à la fécondation, c'est-à-dire à la production, par conjugaison, de noyaux diploïdiques dans les cellules, l'apparition de l'hétéropolarité du protoplasma avec toutes ses conséquences ([2]).

SÉISMOLOGIE. — *La séismicité de Madagascar.*
Note de M. **Charles Poisson.**

Depuis 1927 nous disposons des enregistrements microséismiques des deux séismographes Mainka que l'Académie a bien voulu confier au Directeur de l'Observatoire de Tananarive. Leur fonctionnement a été régulier et sans interruption notable. Au point de vue macroséismique, les enquêtes sont effectuées conformément aux instructions données par le Bureau Central Séismologique français de Strasbourg, et les réponses aux questionnaires sont centralisées à l'Observatoire.

Pendant la période de vingt années consécutives, 1927-1946, nous avons reçu une documentation portant sur 267 secousses différentes, dout 12 avaient atteint ou dépassé légèrement l'intensité correspondant au degré VI de l'échelle internationale. Aucun tremblement de terre atteignant le degré VIII ne s'est produit à l'intérieur de Madagascar. Celui du 29 mars 1943, suivi de quelques répliques plus faibles, a probablement dépassé ce degré, mais l'épicentre se trouvait en mer, sur le canal de Mozambique, vers 19° de latitude Sud et 44° de longitude Est.

([2]) *Comptes rendus,* **208**, 1939, pp. 1260-1263. Il existe des prothalles à cellules munies de noyaux diploïdes qui sont pourtant sans méats. Ceci montre que la diploïdie produite par la fécondation entraîne un changement plus profond.

Pour un territoire dont la superficie est évaluée à 592000 kilomètres carrés (archipel des Comores compris), le nombre de 267 secousses séismisques en vingt ans est très faible. Il correspond à peine à 2,2 secousses par an et par 100000 kilomètres carrés. Si l'on veut tenir compte du fait que le réseau des stations météorologiques qui fournissent les réponses les plus nombreuses aux enquêtes, avait avant 1935 une densité insuffisante, les totaux des années 1935 à 1946 se rapprocheraient davantage de la vérité. Pendant cette période, 214 secousses furent senties, soit 3 par an et par 100000 kilomètres carrés.

Mais cette appréciation globale ne suffit pas. Un carré de 310^{km} de côté, comprenant la capitale, et s'étendant en latitude du lac Alaotra au massif de l'Ankaratra, de la côte Est de Madagascar à la bordure Ouest de la province malgache du Valalafotsy, fournit 62 % des secousses connues.

Parmi les autres territoires séismiques, l'archipel des Comores a signalé 25 secousses en 20 ans, et l'Extrême-Sud 21. Aucun tremblement de terre local n'a son épicentre sur les terrains sédimentaires de l'Ouest ou du Sud-Ouest. Dans ces terrains, un seul accident tectonique (failles parallèles de la région d'Analalava, estuaire submergé de la rivière Loza), s'est montré faiblement actif.

Toutes nos secousses séismiques ont leur origine dans le vieux socle gneissique qui comprend environ les deux tiers de la superficie de l'île de Madagascar. Ce socle est entièrement plissé.

Il a été possible dans la majorité des cas de rapporter ces tremblements de terre à des accidents tectoniques reconnus par les géologues. Le plus remarquable et le plus actif est le fossé effondré entre failles parallèles longitudinales qui renferme les dépressions lacustres d'Andilamena, du lac Alaotra, de la haute vallée du Mangoro.

La région du lac Itasy, qui fut célèbre à Madagascar par son activité séismique pendant les années 1897-1899, n'a signalé que 33 secousses au cours des vingt dernières années.

Le nombre des petits chocs d'origine malgache enregistrés par les séismographes Mainka est en moyenne 6 à 8 fois plus grand que celui des secousses perceptibles aux sens.

Somme toute la séismicité de Madagascar paraît être actuellement un peu inférieure à celle de la France métropolitaine.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de quelques substances de croissance sur la germination et la productivité des graines du* Pisum sativum. Note (¹) de M. **Paul Becquerel** et M^lle^ **Jacqueline Rousseau**.

De nombreuses observations ont déjà été publiées sur le rôle de certaines substances de croissance, sur la croissance des tissus, la formation de certaines

(¹) Séance du 3 mars 1947.

tumeurs, la production des radicelles, l'allongement ou l'épaississement de la tige, la caryocinèse et les mutations, mais nous ne connaissons que très peu de recherches sur le trempage des graines dans leurs solutions aux dilutions les plus favorables pour la germination et la productivité de leurs graines.

Nos expériences ont seulement porté sur l'acide phénylacétique, l'acide indol-β-acétique et la colchicine aux dilutions dans l'eau au 1/10000 et au 1/100000. La durée de trempage était de 24 heures et de 48 heures. Les graines essayées étaient celles du *Pisum sativum* variété Lincoln. Ces graines étaient lavées soigneusement à l'alcool à 90° puis à l'eau distillée stérilisée; nous les mettions ensuite à tremper dans les solutions précitées stérilisées, puis après un nouveau lavage de quelques minutes à l'eau distillée, nous les faisions germer sur du coton hydrophile aseptique imbibé d'eau distillée stérilisée dans des boîtes de Pétri, placées dans une étuve dans les mêmes conditions de température et d'éclairement. Des lots témoins de graines trempées seulement dans de l'eau distillée pendant la même durée et soumises aux mêmes conditions permettaient de faire la comparaison.

Le tableau ci-dessous mentionne, après trempage de 24 heures (A) et de 48 heures (B) dans les deux dilutions 10^{-4} et 10^{-5} pour chaque substance, le pourcentage de graines germées au bout de deux jours, quatre jours, six jours et douze jours.

	Pourcentage de graines germées au bout de							
	2 jours.		4 jours.		6 jours.		12 jours.	
Substances utilisées et dilutions.	A.	B.	A.	B.	A.	B.	A.	B.
Acide phénylacétique 10^{-5}.........	92	32	97	62	97	66	98	82
» » 10^{-4}.........	46	6	60	10	70	22	86	74
Acide indol-β acétique 10^{-5}.........	78	20	80	28	84	36	94	66
» » 10^{-4}.........	8	0	18	6	24	10	72	44
Colchicine 10^{-5}..................	94	80	96	84	100	92	100	94
» 10^{-4}..................	72	70	80	78	90	80	92	84
Graines témoins dans l'eau distillée..	98	96	98	96	100	96	100	98

Trempage : A, 24 heures; B, 48 heures.

Nous constatons alors que le trempage pendant 24 heures dans les solutions précitées à la dilution de 10^{-5} a une action faiblement retardatrice et légèrement toxique.

L'acide β-acétique à cette dose au bout de 24 heures de trempage a un effet retardateur marqué, puisque le 2^e^ jour ne germent que 78 % des graines, alors que le 12^e^ jour nous en avons 94 %.

Aux doses de 10^{-4} pendant la même durée de trempage, l'effet retardateur et l'effet toxique sont beaucoup plus grands, puisque dans l'acide phénylacétique, le 2^e^ jour, ne germent que 46 % des graines et le 12^e^ jour 86 %. Pour l'indol-β-acétique, le 2^e^ jour 8 % et le 12^e^ jour 72 %. Pour la colchicine, 72 % le 2^e^ jour, et 92 % le 12^e^ jour. L'augmentation de la durée de trempage portée

à 48 heures, a accentué l'effet retardateur et l'effet toxique sur la germination, aussi bien dans les expériences aux faibles doses de 10^{-5} qu'aux fortes doses de 10^{-4}. C'est l'acide indol-β-acétique qui, à cette dose, s'est révélé le plus toxique, puisque au bout de 12 jours n'ont germé que 44 % des graines.

Connaissant ainsi l'activité de ces substances sur la germination aux doses indiquées, il était important de savoir comment les graines ayant subi une durée de trempage peu toxique (par conséquent 24 heures) se comporteraient sur le terrain et si elles donneraient une meilleure récolte que les graines témoins.

Ces graines furent semées en ligne le 1^{er} avril 1946 sur le terrain de notre station de Biologie végétale de Beau-Site, dans les mêmes conditions de fumure et d'éclairement. La floraison eut lieu le 8 juin et la récolte le 24 juillet. Dans chaque ligne nous avons recueilli, pour vingt pieds consécutifs, toutes les gousses puis les graines dont nous avons comparé le poids sec avec celui correspondant aux pieds témoins.

Le tableau ci-dessous nous en présente les résultats.

Substances utilisées et dilutions.	Nombre de gousses pour 20 pieds.	Nombre de graines.	Poids sec de grains (g).
Acide phénylacétique 10^{-5}	90	520	105
» 10^{-4}	80	425	75
Acide indol-β acétique 10^{-5}	80	490	95
» 10^{-4}	73	424	81
Colchicine 10^{-5}	74	455	80
» 10^{-4}	71	413	74
Graines témoins	76	424	80

L'acide phénylacétique à la dilution de 10^{-5} augmente très nettement le nombre des gousses, le nombre de graines, et leur poids sec de 30 %. L'acide indol-β-acétique à 10^{-5} augmente aussi le nombre de gousses, le nombre de graines et leur poids sec de 18 %. Par contre ces deux substances à la dose de 10^{-4} n'ont qu'une activité défavorable très faible. Quant à la colchicine, aux doses indiquées, elle est sans action sur le rendement.

Ces résultats n'en sont pas moins intéressants, car ils démontrent que le trempage des graines de Pois, 24 heures dans l'acide phénylacétique et dans l'acide indol-β-acétique à la dilution au 1/100000 favorisent leur productivité.

Ces substances, additionnées de substances oligodynamiques, auront-elles encore un effet plus marqué? C'est ce que nous verrons dans la prochaine Note.

M. **Emmanuel de Margerie** s'exprime en ces termes :

Ayant eu l'honneur de prendre la succession de notre Confrère, le Général R. Bourgeois, comme Président du Comité National de Géographie, je suis

heureux de présenter à l'Académie, complètement terminé, l'*Atlas de France* [1], dont l'exécution avait été confiée dès 1921 à une Commission spéciale.

A plusieurs reprises, et en tant que Président moi-même de cette Commission, j'ai déjà mis sous les yeux de l'Académie quelques spécimens des planches établies tout exprès, en particulier la belle *Carte morphologique* due à M. de Martonne, celle de la *Densité de la Population* préparée par les soins de feu Albert Demangeon, et la Carte du *Tapis végétal* dressée par M. Henri Gaussen. Grâce aux efforts de nombreux Collaborateurs, largement secondés tant sous le rapport financier qu'au point de vue technique par les Pouvoirs publics, cette vaste enquête a pu être conduite à son terme, en dépit de difficultés de tout genre, que la Guerre mondiale n'avait fait qu'augmenter au cours de ces dernières années; ce résultat est dû principalement à l'énergie et à la haute compétence du secrétaire de la Commission, notre Confrère M. de Martonne, et à l'empressement de la *Société Française de Cartographie*, fondée par M. Jean Majorelle et dirigée par M. André Libault, qui en a assuré l'exécution matérielle.

Le prix de revient total de l'*Atlas de France* a dépassé trois millions de francs.

Je rappelle qu'il s'agissait pour nous, non pas d'ajouter un Recueil de plus aux Atlas généraux que le public avait à sa disposition, comme le célèbre *Atlas de Stieler* ou celui de Schrader-Vivien de Saint-Martin, mais uniquement de réunir une série d'images du Territoire Français représentant tous les aspects de sa condition physique actuelle et la distribution des ressources humaines, industrielles et agricoles qui font la richesse de son sous-sol, de son sol et de sa population.

Depuis un demi-siècle, la plupart des Nations du Monde ont senti le même besoin de posséder un inventaire graphique des facteurs de leur puissance respective, et nombreux sont déjà, à l'étranger, les Atlas provoqués par des préoccupations analogues. A cet égard, il convient de saluer, comme une réussite particulièrement brillante, l'*Atlante fisico-economico d'Italia*, du Professeur Giotto Dainelli. Nous espérons que notre œuvre ne sera pas jugée inférieure à celles qui l'ont précédée dans le même esprit.

Il est dans la nature des choses que, dans le domaine statistique et démographique surtout, les valeurs changent rapidement; aussi plusieurs des feuilles de l'*Atlas* sont-elles en état de refonte perpétuelle, afin que la situation économique soit constamment tenue à jour. Tel qu'il est aujourd'hui, l'*Atlas de France* représente un tableau complet de l'état de notre pays aux environs de l'année 1940.

---

(1) *Atlas de France*. Paris, Éditions géographiques de France. In-folio, 82 planches ($0^m,64 \times 0^m,50$), plus 1 feuille double contenant Titre, Préface, Table des planches et Index analytique.

DÉSIGNATIONS.

M. **Armand de Gramont** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument érigé en l'honneur de **Condorcet**, à Ribemont, le dimanche 27 avril 1947.

CORRESPONDANCE.

Le **Conseil National des Recherches Italien** invite l'Académie à se faire représenter au *Congrès international pour le Cinquantenaire de la découverte marconienne de la Radio*, qui aura lieu à Rome, du 28 septembre au 5 octobre 1947.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Paul Bertrand. *Les Végétaux vasculaires. Introduction à l'étude de l'anatomie comparée, suivie de Notes originales.* Préface de M. Louis Emberger (présenté par M. Blaringhem).

2° Roberto Agramonte. *Don Jose de La Luz y la filosofia como ciencia de la realidad.*

3° Elias Entralgo. *La paradoja historica de Luz Caballero.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'approximation des fonctions continues.* Note de M. **Marc Zamansky**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit $f(x)$ une fonction continue périodique de période 2π. On sait que si $f(x)$ satisfait à une condition de Lipschitz d'ordre α

$$(|f(x)-f(x')|<\mathrm{M}|x-x'|^{\alpha},\ 0<\alpha<1),$$

on peut trouver une suite de polynomes trigonométriques $\mathrm{P}_n(x)$ d'ordre n, tels que quels que soient n et x, on ait

$$(1)\qquad |f(x)-\mathrm{P}_n(x)|<\frac{\mathrm{K}.\mathrm{M}}{n^{\alpha}},$$

la constante K ne dépendant que de α et de la suite $\mathrm{P}_n(x)$ considérée.

Nous démontrons que

Quelle que soit la suite $\{\mathrm{P}_n(x)\}$ *approchant* $f(x)$ *à moins de* KM/n^{α} *près, on a*

$$(2)\qquad |\mathrm{P}'_n(x)|<\mathrm{C}_{\alpha}\mathrm{A}.\mathrm{M}\,\frac{n^{1-\alpha}}{1-\alpha},$$

quels que soient x *et* n, A *étant une constante absolue,* C_{α} *une constante ayant une limite finie quand* α *tend vers* 1.

En effet si une suite $\{P_n(x)\}$ satisfait aux inégalités (1) et (2) pour les valeurs n_p de n telles que n_{p+1}/n_p soit borné pour p ∞, la suite

$$\{P_{n_p}(x)+\lambda_{n_p+m}(x)\} \qquad (m=0,\ 1,\ \ldots,\ n_{p+1}-n_p-1)$$

satisfait aux mêmes inégalités où l'on modifie éventuellement les valeurs de K et C_α, si les polynomes $\lambda_n(x)$ sont convenablement choisis [par exemple $|\lambda_n(x)|<1/n^2$, $|\lambda'_n(x)|<1/n$].

D'autre part, si pour deux suites $\{P_n(x)\}$, $\{Q_n(x)\}$

$$|f(x)-P_n(x)|<\frac{KM}{n^\alpha}, \qquad |f(x)-Q_n(x)|<\frac{K'M}{n^\alpha},$$

on a

$$|P_n(x)-Q_n(x)|<\frac{M(K+K')}{n^\alpha},$$

et d'après le théorème de Bernstein

$$|P'_n(x)-Q'_n(x)|<M(K+K')\,n^{1-\alpha}.$$

Il suffit donc de prouver que si l'inégalité (1) a lieu, l'inégalité (2) a lieu pour une suite d'entiers : a^p (a entier $\geqq 2$). On peut utiliser les sommes de Jackson ([1]) d'ordre $2n-1$

$$P_{2n-1}(x)=\frac{3}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} f\left(x+\frac{2t}{n}\right)\left(\frac{\sin t}{t}\right)^4 dt.$$

D'où

$$|P_{2a^p-1}-P_{2a^{p-1}-1}|<AM(a-1)^\alpha\frac{1}{a^{p\alpha}}, \quad \text{où A est une constante absolue;}$$

$$|P'_{2a^p-1}-P'_{2a^{p-1}-1}|<2AM(a-1)^\alpha a^{p(1-\alpha)}.$$

Et

$$|P'_{2a^p-1}(x)|<C_\alpha AM\frac{(2a^p-1)^{1-\alpha}}{1-\alpha},$$

C_α reste bornée quand α tend vers 1 (C_α tend vers $2/\log 2$ quand α tend vers 1, si $a=2$), ce qui prouve le théorème.

Si réciproquement $|f(x)-P_n(x)|<K/n^\alpha$, $f(x)$ satisfait à une condition de Lipschitz d'ordre α et un calcul analogue prouve que dans le résultat précédent, on peut remplacer $C_\alpha AM$ par $C'_\alpha K$, où C'_α tend vers $6/\log 2$ quand α tend vers 1 pour $a=2$.

Si $f(x)$ satisfait à une condition de Lipschitz d'ordre 1

$$|f(x)-f(x')|<M|x-x'|,$$

elle peut être approchée quel que soit n à moins de KM/n près et *quelle que soit la suite $\{P_n(x)\}$ telle que*

(3) $$|f(x)-P_n(x)|<\frac{KM}{n}.$$

([1]) Voir DE LA VALLÉE POUSSIN, *Leçons sur l'approximation*.

$|P'_n(x)| < C$, *C étant une constante ne dépendant que de la suite* (P_n) *considérée.*

En effet, on voit encore qu'il suffit de le prouver pour une suite $\{P_n(x)\}$ satisfaisant à (3) et une suite $\{n_p\}$ telle que n_{p+1}/n_p soit borné pour p ∞.

On a

$$\frac{P_{2n-1}(x+h) - P_{2n-1}(x)}{h} = \frac{3}{2\pi}\int_{-\pi}^{-\pi}\left[\frac{f\left(x+\frac{2t}{n}+h\right) - f\left(x+\frac{2t}{n}\right)}{h}\right]\left(\frac{\sin t}{t}\right)^4 dt,$$

d'où $|P'_{2n-1}(x)| < M$.

Il est clair que, réciproquement, si une suite $\{P_n(x)\}$ converge uniformément de façon que $|P'_n(x)| < C$, la fonction limite $f(x)$ satisfait à une condition de Lipschitz d'ordre 1.

Enfin, *si* $f(x)$ *peut être approchée à moins de* K/n *près par une suite* $\{P_n(x)\}$ *de polynomes quel que soit* n, $|P'_n(x)| < C \log n$, *la constante* C *ne dépendant que de la suite* $\{P_n\}$.

Car quel que soit $\alpha < 1$, on a $|P'_n| < C'_\alpha K[n^{1-\alpha}/(1-\alpha)]$ et le minimum de $n^{1-\alpha}/(1-\alpha)$ est $e \log n$.

Ces résultats s'étendent par les mêmes raisonnements aux cas où $f(x)$ possède une dérivée d'ordre r satisfaisant à une condition de Lipschitz d'ordre α ou peut être approchée à moins de KM/n^{r-1} près. On remplacera $|P'_n|$ par $|P_n^{(r+1)}|$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une signification topologique et une généralisation d'une formule de Bendixson.* Note [1] de Mme **Pierre-Louis Dubois-Violette**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Étant donnée une équation différentielle du premier ordre et du premier degré, Bendixson a établi que l'on avait pour un point singulier quelconque $i = (r-p)/2 + 1$, en désignant par i l'indice du point singulier, par r le nombre de secteurs nodaux fermés et par p le nombre de secteurs répulsifs au voisinage du point singulier étudié.

Considérons un point singulier O d'indice i; i sera l'indice d'un cycle C entourant le point et ne contenant à son intérieur aucun autre point singulier que le point étudié. Par l'introduction d'un paramètre ε dans l'équation différentielle, nous pouvons remplacer le point par un ensemble de points singuliers simples voisins de O, les uns réels (soient n nœuds, f foyers, α centres et c cols), les autres imaginaires. Pour $\varepsilon = 0$ nous retrouvons l'équation initiale et nous pouvons prendre ε assez petit pour que tous les points singuliers réels résultant de la décomposition soient à l'intérieur du cycle C considéré. L'indice de ce cycle est alors $(n + f + \alpha - c)$.

(1) Séance du 7 mai 1945.

Faisons tendre ε vers 0; nous voyons que l'indice du point singulier multiple étudié sera égal à $(n+f+\alpha-c)$.

En rapprochant cette valeur de i, de la valeur trouvée par Bendixson, on aperçoit que l'on aura pour un point singulier multiple résultant de la fusion de n nœuds, f foyers, α centres et c cols

$$n+f+\alpha-c=1+\frac{r-p}{2},$$

ce qui établit une relation entre deux caractères géométriques du point singulier.

2. Nous avons cherché à établir cette formule géométriquement et sans faire intervenir la notion algébrique d'indice.

Pour cela, nous avons considéré un point singulier A quelconque admettant p secteurs répulsifs, q secteurs nodaux ouverts et r secteurs nodaux fermés.

Nous avons étudié le point résultant de la fusion avec le point A, d'un point S présentant les propriétés topologiques de l'un des quatre types de points singuliers simples, au sens de ma Note antérieure (2). Le point S étant supposé au voisinage de A, nous considérons un chemin L joignant S à A et nous faisons tendre S vers A le long de L. Nous étudions la déformation du réseau de courbes au voisinage de A et de S pour en déduire les nouvelles caractéristiques du point singulier A résultant de la fusion de S avec A.

Le chemin L est astreint à la seule condition que la fusion de S avec A le long de L ne modifie ni le nombre, ni le type des autres points singuliers du réseau de courbes considéré. Ceci exige que L ne passe par aucun autre point singulier que A et S. En outre, dans la fusion de S et A, il peut y avoir disparition de certaines régions au voisinage de A et de S, à condition toutefois que ces régions ne contiennent aucun point singulier autre que A ou S à leur intérieur ou sur leur frontière.

Nous avons montré, dans ces hypothèses, que la fusion avec A d'un col augmente la différence $(p-r)$ de deux unités, puis que la fusion avec A d'un centre diminue $(p-r)$ de deux unités, de même que la fusion avec A d'un nœud ou d'un foyer.

Si nous considérons un point obtenu par la fusion de c cols, n nœuds, f foyers et α centres, on aura par suite

$$p-r=2c-2n-2f-2\alpha+\text{const.}$$

On vérifie facilement que la valeur de la constante est indépendante du choix initial que l'on fait pour A de l'un ou de l'autre des points singuliers simples qui confluent en A et que l'on a toujours

$$p-r=2(c-n-f-\alpha)+2.$$

(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 625.

d'où

$$n + f + x - c = \frac{r - p}{2} + 1.$$

3. La démonstration géométrique précédente constitue une extension topologique de la formule (1) que nous avions déduite de la formule de Bendixson $i = (r - p)/2$. Elle s'applique en particulier aux points singuliers multiples des équations différentielles du premier ordre et du premier degré. Mais elle s'applique aussi plus généralement à un point quelconque obtenu par la fusion géométrique de plusieurs points présentant les caractères topologiques de l'un des quatre types de points singuliers simples.

Si l'on considère un point singulier multiple d'une équation différentielle du premier ordre et du premier degré, par l'introduction d'un paramètre ε nous remplaçons le point par un ensemble de points singuliers simples. Le nombre de ces points qui sont réels dépend de la façon dont ε intervient dans l'équation tandis que la quantité $(n + f + x - c)$ ne dépend que du point multiple considéré.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les tenseurs dérivés de Gauss et Codazzi.* Note de M. **Richard Blum**, présentée par M. Élie Cartan.

Soient

$$\text{(A)} \quad G_{iklm} \equiv n_{iklm} - (b_{\alpha/il} b_{\alpha/km} - b_{\alpha/im} b_{\alpha/kl}) = 0,$$

$$(i, k, l, m, p, s = 1, 2, \ldots, n;\ \alpha, \beta, \gamma = 1, 2, \ldots, \nu),$$

$$\text{(B)} \quad C_{\alpha/ikl} \equiv \nabla_k b_{\alpha/il} - \nabla_l b_{\alpha/kl} + (t_{\alpha\beta/k} b_{\beta/il} - t_{\alpha\beta/l} b_{\beta/kl}) = 0,$$

$$\text{(C)} \quad K_{\alpha\beta/ik} \equiv \nabla_i t_{\alpha\beta/k} - \nabla_k t_{\alpha\beta/i} + (t_{\gamma\alpha/k} t_{\gamma\beta/i} - t_{\gamma\alpha/i} t_{\gamma\beta/k}) + a^{lm}(b_{\alpha/lk} b_{\beta/mi} - b_{\alpha/li} b_{\beta/mk}) = 0$$

les équations de Gauss, Codazzi et Ricci-Kühe d'un V_n (avec ds^2 défini positif) plongé dans un $R_{n+\nu}$ (1). Si, le V_n étant donné, ces équations admettent un système de solutions réelles en $b_{\alpha/ik}$ et $t_{\alpha\beta/i}$, la classe de V_n est $k \leqq \nu$. Ce cas se présente toujours si

$$\text{(1)} \qquad \nu = \frac{n(n-1)}{2} \qquad \text{(classe maximum du } V_n\text{)} \quad (2).$$

Formons les tenseurs dérivés de Gauss et Codazzi :

$$\text{(D)} \qquad G_{piklm} = \nabla_p G_{iklm} + \nabla_i G_{kplm} + \nabla_k G_{pilm};$$

$$\text{(E)} \qquad C_{\alpha/pikl} = \nabla_p C_{\alpha/ikl} + \nabla_i C_{\alpha/kpl} + \nabla_k C_{\alpha/pil}.$$

---

(1) Voir par exemple G. Vranceanu, *Rend. Ac. Lincei*, 11, 1930.

(2) Voir E. Cartan et M. Janet, *Ann. Soc. Polon. de Math.*, VI et V, 1926-27, et Burstin, *Recueil Soc. Math.*, Moscou, 38, 1931.

Le nombre des G_{plkm} est $n^2(n^2-1)(n-2)/24$ [3], tandis que le nombre des $C_{\alpha/plkl}$ est $\nu n(n^2-1)(n-2)/8$ [4].

Supposons maintenant que les équations (A) et (B) admettent un système de solutions réelles en $b_{\alpha/lk}$ et $t_{\alpha\beta/l}$. (E) conduit alors à

$$(\mathrm{E}') \qquad b_{\beta/lp}K_{\alpha\beta/lk}+b_{\beta/ll}K_{\alpha\beta/kp}+b_{\beta/lk}K_{\alpha\beta/pl}=0 \qquad \text{avec} \quad \frac{\nu n(\nu-1)(n-1)}{4}$$

inconnues $K_{\alpha\beta/lk}$. Le nombre des équations est au moins égal au nombre des inconnues si $\nu \leqq n(n-1)/2$. A cause de (1) il s'ensuit que :

Les équations de Ricci-Kühne sont une conséquence des équations de Gauss et Codazzi, si le rang de la matrice du système (E′) *est maximum.*

Soit maintenant $b_{\alpha/lk}$ un système de solutions réelles de A. (D) devient

$$(\mathrm{D}') \quad b_{\alpha/pl}C_{\alpha/lkm}+b_{\alpha/ll}C_{\alpha/kpm}+b_{\alpha/kl}C_{\alpha/plm}-b_{\alpha/pm}C_{\alpha/lkl}-b_{\alpha/lm}C_{\alpha/kpl}-b_{\alpha/km}C_{\alpha/pll}=0.$$

Soit $n^2(n^2-1)(n-2)/24$ équations avec $\nu n(n^2-1)/3$ *inconnues* $C_{\alpha/lkl}$. Il suit :

1° *Pour* $0<\nu\leqq n(n-2)/8$, *les équations de Codazzi sont une conséquence des équations de Gauss, si le rang de la matrice du système* (D′) *est maximum.*

2° *Pour* $n(n-2)/8<\nu\leqq n(n-1)/2$, *certaines équations de Codazzi, au nombre de* $n^2(n^2-1)(n-2)/24$, *sont une conséquence des équations de Gauss et des autres équations de Codazzi, si le rang de la matrice du système* (D′) *est maximum.*

Observons que les éléments des matrices de (D′) et (E′) sont formés uniquement avec les $b_{\alpha/lk}$. Il en résulte

1. *Pour* $0<\nu\leqq n(n-2)/8$ *la classe de* V_n *est* $k\leqq\nu$, *si les équations de Gauss admettent un système de solutions réelles en* $b_{\alpha/ik}$ *pour lesquelles les rangs des matrices de* (D′) *et* (E′) *sont maxima* [5].

2. *Pour* $n(n-2)/8<\nu<n(n-1)/2$ *la classe de* V_n *est* $k\leqq\nu$, *si les équations de Gauss admettent un système de solutions réelles en* $b_{\alpha/ik}$ *pour lesquelles les rangs des matrices de* (D′) *et* (E′) *sont maxima et qui, avec des* $t_{\alpha\beta/i}$ *convenablement choisis, satisfont à certaines équations de Codazzi en nombre de*

$$\frac{n(n^2-1)}{3}\left[\nu-\frac{n(n-2)}{8}\right].$$

---

(3) Voir R. Blum, *Bull. Sc. Ac. Roumaine*, 28, n° 6, 1946.

(4) Les identités algébriques des $C_{\alpha/plkl}$ sont

$$C_{\alpha/plkl}=C_{\alpha/lkpl}=C_{\alpha/kpll}=-C_{\alpha/pkl}=-C_{\alpha/klpl}=-C_{\alpha/lpkl}$$

et

$$C_{\alpha/lklp}=C_{\alpha/plkl}+C_{\alpha/pkll}+C_{\alpha/pllk},$$

d'où il suit le nombre indiqué.

(5) Pour $\nu=1$ (et par conséquent $n\geqq4$) ce résultat a été déjà obtenu par T. Y. Thomas (*Acta mathematica*, 67, 1936). Les équations (D′) et (E′) ont été considérées par C. B. Allendörfer qui les discute à l'aide d'une généralisation du *nombre type* de T. Y. Thomas (*Am. Journal of Math.*, 61, 1939).

A ces cas *réguliers* on peut opposer le cas *singulier* où un au moins des rangs r_1 et r_2 des matrices de (D′) et (E′) n'est pas maximum. Il résulte :

3. *Si, pour* $0 < \nu < n(n-1)/2$, *les équations de Gauss admettent un système de solutions réelles en* $b_{\alpha|ik}$ *pour lesquelles les matrices des systèmes* (D′) *et* (E′) *n'ont pas rangs maxima, ces* $b_{\alpha|ik}$ *doivent satisfaire, avec des* $t_{\alpha\beta|i}$ *convenablement choisis, à certaines équations de Codazzi et Ricci-Kühne, respectivement au nombre de* $[\nu n(n^2-1)/3 - r_1]$ *et* $[\nu n(\nu-1)(n-1)/4 - r_2]$, *pour que les* V_n *soient de classe* $k \leqq \nu$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Un instrument d'étude des fonctions aléatoires : la fonctionnelle caractéristique.* Note de M. **Le Cam**, présentée par M. Émile Borel.

En vue de préciser et généraliser certains résultats obtenus par M. Halphen dans l'étude statistique des débits, nous avons été amené à introduire un instrument de calcul qui présente pour les fonctions aléatoires le même intérêt que la fonction caractéristique pour les variables aléatoires.

Soit $x(t)$ une fonction aléatoire; nous appellerons fonctionnelle caractéristique pour $x(t)$ et $s(t)$ le nombre

$$\varphi_x^{[s(t)]} = \mathrm{E}\, e^{i\int x(t)\, s(t)\, dt},$$

E dénotant l'espérance mathématique. On peut de même appeler $\Psi = \log \varphi$ la deuxième fonctionnelle caractéristique.

Nous avons utilisé quelques-unes des propriétés de Ψ pour voir comment les variations de la pluie retentissent sur les débits.

Pour cela, nous avons repris les hypothèses formulées il y a quelques années par M. Halphen : la pluie est supposée formée d'averses brusques, instantanées, de valeur $dy(t)$, réparties au hasard dans le temps suivant une loi de Poisson dont la densité elle-même $\nu(t)$ est une fonction aléatoire.

Soit $1+\omega(s)$ la fonction caractéristique des $dy(t)$ non nuls, la fonction caractéristique de la pluie tombée dans l'intervalle $[t, t+dt]$ est alors $\nu(t)$, étant supposé connu,

$$e^{\nu(t)\,\omega[s(t)]}.$$

Soit ψ_ν la deuxième fonctionnelle caractéristique de $x(t)$, on en tire aisément

$$\psi_y = \mathrm{Log}\,\mathrm{E}\, e^{i\int s(t)\, dy(t)} = \psi_\nu \{-i\omega[s(t)]\}.$$

Si, d'autre part, on peut représenter le débit $x(t)$ par une formule du type

$$x(t) = \int_{-\infty}^{t} h(t, \tau)\, dy(\tau),$$

alors posant

$$u(t) = \int_{t}^{\infty} h(\tau, t)\, s(\tau)\, d\tau,$$

on aura

$$\psi_x[s(t)] = \psi_y[u(t)].$$

De ces formules, on tire immédiatement la fonctionnelle caractéristique de $x(t)$.

Nous avons développé les calculs dans quelques cas simples, les formules obtenues sont trop complexes pour trouver place ici, beaucoup auraient pu être obtenues autrement, mais elles sont particulièrement commodes à trouver par le moyen de ces fonctionnelles. On peut ainsi faire l'étude des moments du second, troisième etc. $n^{\text{ième}}$ ordre, de moyennes temporelles ou de coefficients de Fourier d'une fonction aléatoire. Nous remettons à plus tard la publication des résultats relatifs aux débits et pluies, les vérifications expérimentales n'étant pas toutes satisfaisantes. On peut toutefois signaler les points suivants :

Soient

$$N = \int_0^T \nu(t)\,dt, \qquad Y = \int_0^T dy(t), \qquad X = \int_0^T x(t)\,dt,$$

la corrélation entre Y_1 et Y_2 de deux périodes consécutives $r = R(\sigma^2 - km)/\sigma^2$ (σ^2 = variance de Y, m = moyenne de Y) apparaît comme le produit de la corrélation R entre N_1 et N_2 et d'un terme donnant la corrélation entre deux stations éloignées où l'on suppose les pluviosités $\nu(t)$ égales (ceci semble vérifié par l'expérience). En supposant de plus $\nu(t)$ stationnaire, de moyenne constante et de covariance $H\rho e^{-\rho|t-\tau|}$ et $h(t, r)$ de la forme $k\lambda e^{-\lambda|t-\tau|}$ et $1 + \omega(s) = 1/(1 - ais)$ (demi-loi de Laplace), on aura

$$\text{corrélation entre } Y_1 \text{ et } X_1 = \frac{\text{coefficient de variation de } X_1}{\text{coefficient de variation de } Y_1},$$

$$\text{corrélation entre } Y_1 \text{ et } X_2 = r_{Y_1X_2} = 2r_{X_1X_2}r_{X_1Y_1} - \frac{\lambda}{\lambda+\rho}\,\frac{r_{Y_1Y_2}}{r_{X_1Y_1}}.$$

Ces formules demanderont à être modifiées pour tenir compte de l'enneigement, de la température, de l'imbibition du sol. Le calcul dans d'autres hypothèses pourra se conduire à peu près de la même façon.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Étude de l'écoulement permanent d'un fluide visqueux incompressible.* Note de M. **Henri Cabannes**, présentée par M. Joseph Pérès.

On sait que lorsqu'on étudie, sur les équations linéarisées de Stokes, l'écoulement permanent uniforme d'un fluide visqueux incompressible troublé par la présence d'un obstacle, on obtient une solution dans le cas de l'espace, mais pas de solution dans le cas du plan. Ce résultat constitue le paradoxe de Stokes. Dans le cas de l'espace, lorsqu'on cherche à passer à la seconde approximation, on n'obtient plus de solution; ce second résultat constitue le paradoxe de Whitehead. On peut rapprocher de ces difficultés les conclusions que nous

allons établir dans le cas où l'on considère les équations complètes des fluides visqueux :

« Il n'existe pas de solution des équations de Navier représentant l'écoulement permanent uniforme, autour d'un obstacle fixe, et donnant un champ de vitesses régulier à l'infini, c'est-à-dire doué d'un développement en série, uniformément convergent,

$$\overrightarrow{V(\rho, \theta, \varphi)} = \overrightarrow{V_0} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\overrightarrow{\alpha_n(\theta, \varphi)}}{\rho^n},$$

où les fonctions $\overrightarrow{\alpha_n(\theta, \varphi)}$ possèdent des dérivées partielles des trois premiers ordres. »

En effet, la fonction vectorielle $\vec{V}$ des trois variables ρ, θ, φ définissant la position d'un point au moyen de ses coordonnées sphériques, doit vérifier l'équation suivante :

$$(1) \qquad \overrightarrow{\mathrm{V}\,\mathrm{rot}\,\mathrm{rot}\,\mathrm{rot}\,V} + \overrightarrow{\mathrm{rot}\,\{\mathrm{rot}\,V \wedge V\}} = 0.$$

En remplaçant dans cette relation $\vec{V}$ par son développement en série et en identifiant suivant les puissances de ρ, nous obtenons une suite infinie d'équations aux dérivées partielles, qui nous permettent d'étudier de proche en proche les fonctions de deux variables $\overrightarrow{\alpha_n(\theta, \varphi)}$. Supposant que les vecteurs $\overrightarrow{\alpha_i/\rho^i}$ pour $i = 1, 2, \ldots, n-1$ aient un rotationnel nul, l'équation de rang n s'écrit sous l'une des deux formes suivantes :

$$(2) \qquad \overrightarrow{\mathrm{rot}\left\{\mathrm{rot}\,\frac{\alpha_n}{\rho^n} \wedge V_0\right\}} = 0, \qquad \frac{\partial}{\partial z}\,\overrightarrow{\mathrm{rot}\,\frac{\alpha_n}{\rho^n}} = 0.$$

Cette dernière équation exprime que le vecteur $\overrightarrow{\alpha_n/\rho^n}$ est la somme d'un vecteur indépendant de z et du gradient d'une fonction arbitraire. On peut donc écrire

$$\frac{\overrightarrow{\alpha_n(\theta, \varphi)}}{\rho^n} = \frac{\overrightarrow{\alpha(\varphi)}}{(\rho \sin\theta)^n} + \overrightarrow{\mathrm{grad}\,\frac{U(\theta, \varphi)}{\rho^{n-1}}}.$$

Désignant par $l(\varphi)$, $m(\varphi)$ et $n(\varphi)$ les composantes du vecteur $\overrightarrow{\alpha(\varphi)}$ sur les axes fixes, il est nécessaire d'avoir, afin que les composantes du vecteur $\overrightarrow{\alpha_n/\rho^n}$ sur les axes du trièdre fondamental associé aux coordonnées sphériques restent bornées, d'une part $n(\varphi) \equiv 0$, d'autre part

$$\lim_{\theta=0} (\sin\theta)^{n-1}\, U = \frac{l\cos\varphi + m\sin\varphi}{n-1},$$

$$\lim_{\theta=0} (\sin\theta)^{n-1}\frac{\partial U}{\partial\varphi} = l\sin\varphi - m\cos\varphi.$$

En intégrant la seconde relation et en comparant à la première, nous

obtenons une nouvelle relation entre les fonctions $l(\varphi)$, $m(\varphi)$ et leurs dérivées premières. Or, cette relation exprime précisément que le rotationnel des vecteurs $\overrightarrow{\alpha(\varphi)/(\rho\sin\theta)^n}$ ou $\overrightarrow{\alpha_n(\theta, \varphi)/\rho^n}$ est nul. Ce raisonnement étant valable pour toutes les valeurs de n, l'écoulement envisagé est lui-même irrotationnel.

Une telle conclusion est incompatible avec la condition d'adhérence du fluide à la surface d'un obstacle. En effet, le mouvement étant irrotationnel, il existe un potentiel des vitesses, et la viscosité n'intervient plus. Or, lorsqu'un corps solide se déplace d'une translation rectiligne et uniforme dans un fluide parfait animé d'un mouvement irrotationnel, le fluide glisse à la surface du corps.

Dans le cas particulier où l'écoulement est de révolution, il existe une fonction de courant. Nous obtenons alors la même conclusion, sans qu'il soit nécessaire de supposer que le mouvement soit rectiligne et uniforme à l'infini.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Les équations de la couche limite dans le cas de gradients de vitesse élevés.* Note de M. **Gabriel Viguier**, présentée par M. Joseph Pérès.

Les équations classiques de la mécanique des fluides, s'appliquant à un fluide homogène et isotrope, admettent une liaison linéaire entre les tensions de viscosité et les vitesses de déformation; or, ceci n'est exact que si le gradient des vitesses est faible, et il est à peu près certain que de telles équations ne pourront s'appliquer au voisinage du corps où le gradient des vitesses peut être grand.

Il est alors possible de considérer les forces de viscosité comme fonctions inconnues F_i des gradients de vitesse, fonctions d'ailleurs impaires ([1]).

Nous admettons que nous pouvons les développer en série de Mac Laurin; se limitant aux termes du troisième degré, on est amené à introduire de nouveaux coefficients de viscosité A, B, C, D et E égaux à des expressions en

$$\frac{\partial^3 F_i}{\partial U'_{ii}\,\partial U'_{jj}\,\partial U'_{kk}} \qquad \text{avec} \quad (i, j, k = 1, 2, 3).$$

Les quantités U_i, U_j et U_k étant les composantes du vecteur vitesse suivant les axes principaux de dilatation MX_i pris comme trièdre de référence.

Les composantes de Stokes comportent alors un terme complémentaire du 3e degré, et il devient aisé d'écrire les nouvelles équations d'équilibre qui en résultent.

Utilisant ces résultats, essayons d'établir les équations différentielles de la couche limite dans le cas de l'écoulement plan d'un fluide visqueux incompressible, indéfini, homogène et libre d'actions extérieures.

---

(1) M. Maurice Girault, *Essai sur la viscosité en mécanique des fluides* (P. S. T., 1931).

Soit L et U_0 une longueur et une vitesse convenablement choisies dans chaque cas particulier; posons :

$$X_i = \frac{x_i}{L}, \qquad = \frac{u_i}{U_0}, \qquad P = \frac{p}{\rho U_0^2},$$

et revenons pour plus de commodité à l'écriture initiale.

Introduisons enfin le nombre de Reynolds R et le nombre T, sans dimension :

$$R = \frac{LU_0}{\nu}, \qquad T = \frac{\rho L^3}{DU_0}.$$

Nous pouvons admettre comme limite de l'écoulement, l'écoulement à potentiel ([2])

$$u_1^{(0)} = a x_1, \qquad u_2^{(0)} = -a x_2, \qquad p_0 - p^{(0)} = \frac{1}{2}\left[u_1^{(0)2} + u_2^{(0)2}\right];$$

la quantité a et la pression p_0 étant deux constantes positives.

Utilisant le changement de variables

$$2\omega = \sqrt{3aR}\,x_1,$$
$$\Theta = \sqrt{aR}\,x_2;$$

nous avons

$$u_1 = 2\sqrt{\frac{a}{3R}}\,\omega\,\frac{d}{d\theta}\psi(\theta, R, T),$$
$$u_2 = -\sqrt{\frac{a}{R}}\,\psi(\theta, R, T),$$
$$p = p_0 - \frac{a}{R}\left[\frac{2}{3}\omega^2 + \varphi(\theta, R, T)\right].$$

Les équations du mouvement prennent alors la forme définitive

$$\psi''' + \psi''\psi - \psi'^2 + 1 + \frac{a^2 R}{2T}(\psi'''\psi'^2 + 3\psi'\psi''^2 + \omega^2\psi'''\psi'^2) = 0.$$
$$\varphi' = \psi'' + \psi\psi' + \frac{a^2\omega^2 R}{6T}\psi''(\psi'''\psi' - \psi''^2) + \frac{5a^2 R}{16T}\psi''\psi'^2.$$

Dans l'hypothèse où $1/T$ est nul, nous retrouvons l'équation classique de la couche limite $\psi''' + \psi''\psi - \psi'^2 + 1 = 0$, pour laquelle de nombreux auteurs ont, par des procédés arithmétiques, déterminé diverses solutions particulières.

HYDRAULIQUE. — *Principe de similitude hydromécanique.* Note ([1]) de M. **Francis Myard**, présentée par M. Joseph Pérès.

Considérons deux pompes P et P′ rotatives, à volume engendré et *réversibles*, ces pompes pouvant être semblables, ou différentes de principe. Soient, sym-

---

([2]) H. Schmidt et K. Schroeder, *Les fondements de la théorie de la couche limite* (Luftfahrtforschung, 26 avril 1942).

([1]) Séance du 3 mars 1947.

boliquement, P_s et P_r les deux éléments essentiels à rotation relative (autour d'un axe X) constituant la pompe P; et P'_s et P'_r (et X') les éléments analogues afférant à P'. Soient q le volume balayé, par tour relatif entre P_s et P_r, dans P, et q' celui, pareillement défini dans P'. Soient O_1 et O_2 les deux ouies de P, lesquelles (la pompe étant réversible) peuvent être, respectivement, d'entrée et de sortie, ou inversement (suivant le sens rotatif), et O'_1 et O'_2 les ouies, mêmement envisagées, de P'.

Alignons les deux axes X et X', et solidarisons *mécaniquement* (du point de vue rotatif) P_r et P'_r de manière que tout l'ensemble soit centré autour de l'axe géométrique commun XX'. Et, enfin, faisons la conjonction hydraulique des deux pompes en considérant, par exemple, que O_1 soit l'orifice de refoulement de P et communique avec O'_1 qui est, momentanément, celui d'entrée du liquide dans P'; tandis que le liquide sort de P' par O'_2 pour rejoindre O_2 (aspiration de P).

Nous disons qu'un tel mécanisme constitue un dispositif identique (mathématiquement parlant) à un train différentiel à engrenages de raison $k = \pm q'/q$.

En effet, soient ω, u et u' les vitesses angulaires, respectivement, des trois éléments à rotations possibles P_s, bloc $P_rP'_r$, et P'_s; et N, n et N' les nombres de tours-minute correspondants. Du fait des rotations relatives, P refoule un débit $q(N-n)$ qui est reçu par P'. Or le débit absorbé par P' a, de son côté, pour valeur $q'(N'-n)$. Et (nous supposons les fuites nulles) ces deux débits étant égaux, $q(N-n) = q'(N'-n)$. D'où $(N-n)/(N'-n) = q'/q = k$.

Mais nous avons négligé le signe du rapport des rotations relatives $(\omega - u)$ et $(\omega' - u)$. Or, il est clair que le sens de la rotation relative de P_s par rapport à P_r étant choisi (et ce sens importe peu), si les liaisons hydrauliques sont établies entre $O_1O'_1$ et $O_2O'_2$ ou bien entre $O_1O'_2$ et $O_2O'_1$, on obtiendra, d'après la réversibilité des pompes, des rotations relatives de P'_s par rapport à P'_r qui seront opposées.

Tenant compte de ce que la conjonction hydraulique peut être directe, ou croisée, nous pourrons donc écrire, au total,

$$\frac{N-n}{N'-n} = \frac{\omega - u}{\omega' - u} = \pm \frac{q'}{q} = \pm k.$$

Formule identique à celle de Willis [le double signe analogue, dans cette dernière, étant dû au fait que le train épicycloïdal peut comporter soit deux couples d'engrenages externes (ou internes), soit un couple externe, et un interne].

Nous avons donc une liaison linéaire entre les trois grandeurs algébriques ω_1, u et ω' (ou N, n et N') et, comme à propos des trains épicycloïdaux, imposons-nous, par exemple, $\omega' = 0$ (donc $N' = 0$). D'où $(\omega - u)/(-u) = \pm k$. Alors, nous pouvons soit nous fixer, à priori, une valeur déterminée de ω, et ainsi, nous aurons une variation hyperbolique de u en fonction de k; soit — cas utile,

pratiquement — nous fixer une valeur déterminée de u, et il en résultera une variation linéaire de ω en fonction de k. Quand il s'agit des trains de Willis, le nombre k (fraction dont les deux termes sont des produits de diamètres primitifs, ou nombres de dents) ne peut varier que par paliers successifs. Les valeurs de k sont donc en nombres limités *mécaniquement*, et l'ensemble ne peut constituer qu'une boîte de vitesses à étages.

Au contraire, dans les trains différentiels hydrauliques que nous venons de formuler, la raison k peut varier en toute continuité puisqu'elle représente un rapport dont les deux termes sont des volumes balayés, c'est-à-dire des grandeurs susceptibles, *physiquement*, de varier sans discontinuité.

Cas particulier. — Supposons les deux pompes P et P′ identiques et, de plus, à débit variable, et pour chacune d'elles, soit q_m le volume balayé maximum par tour. Enfin, outre les conjonctions mécaniques et hydrauliques précédentes et $N' = 0$, supposons un réglage simultané de leurs deux volumes engendrés momentanés q et q' de manière que ceux-ci soient complémentaires à q_m, par exemple suivant la loi simple $q = q_m x$ et $q' = q_m(1 - x)$, x étant une fraction variable comprise entre 0 et 1.

Or, c'est tout simplement à un schéma hydrocinématique de cet ordre que se trouvent correspondre certains variateurs continus de vitesse existants (tel le variateur Saussard). Mais la théorie générale que nous venons de dégager nous permet, maintenant, d'expliciter très facilement la conception de tels dispositifs et le comportement des phénomènes qui s'y rapportent.

Imaginons que la conjonction hydraulique soit choisie de façon à nous donner le signe — devant k. Alors $(N - n)/(-n) = -(1 - x)/x$. D'où $n = N.x$. Soient W la puissance transmise et y la pression dynamique du fluide. On aura $W = q_m.x(N - n).y = q_m(1 - x).n.y$. D'où (puisque $n = N.x$) $W = q_m N x(1 - x)$. La variation du débit $q_m x(1 - x)N$ est représentée par un arc de parabole, avec débit nul aux limites $x = 0$, $x = 1$. Si la même puissance W entraînait à N$t.m$ l'élément P_s de la pompe P, à son maximum de débit, et sans qu'il y eût liaison mécanique avec P′, la pompe P refoulerait, dès lors, le liquide sous la pression p telle que $W = q_m.N.p$. Il s'ensuit $y = p/x(1 - x)$, et y devient infini (théoriquement, puisque fuites et pertes d'énergie ont été négligées) aux limites $x = 0$ $n = 0$, et $x = 1$ $n = N$.

L'analogie avec les trains se poursuit, ici, puisque l'on sait que, dans ceux-ci, les efforts théoriquement deviennent ∞ entre les dentures si, pour une vitesse u déterminée, on veut atteindre pour ω soit la limite u, soit la limite zéro.

Nota. — Cette idée d'analogie entre des mécanismes à éléments relatifs différentiels, avec conjonction mécanique par engrenages ou autres, et des mécanismes à éléments rotatifs différentiels avec conjonction par fluide moteur peut être généralisée, indépendamment de la nature du fluide et son mode d'action. Il suffit que les nombres de tours différentiels traduisent l'expression d'une quantité (ou d'une fonction) représentant un facteur de transmission

de puissance (par exemple, une force électromotrice proportionnelle à une vitesse angulaire relative). Évidemment, les modalités de calcul pourront différer (perturbations dans les calculs précédents du fait des compressions ou détentes, si le fluide est gazeux; des pertes ohmiques intérieures, des actions de self ou capacité, s'il s'agit de fluide électrique...), mais l'analogie d'ensemble mérite d'être retenue.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Remarques à propos de l'entretien d'un pendule par le courant alternatif*. Note [1] de M. CHARLES CASSIGNOL, présentée par M. Joseph Pérès.

L'entretien des oscillations d'un pendule par un courant alternatif de pulsation quelconque mais très grande par rapport à la pulsation propre du pendule est connu depuis plusieurs années [2]. Il a donné lieu à des études théoriques et à des réalisations pratiques.

Rappelons-en le principe [3]. Une masse en métal magnétique sans hystérésis et sans pertes est fixée à l'extrémité libre d'un pendule et pénètre plus ou moins dans une bobine de self L fixe en position.

La bobine est connectée à un condensateur C et le circuit oscillant ainsi constitué est alimenté en série par un courant alternatif de tension E et de pulsation ω constantes ($\omega > \alpha$, pulsation propre du pendule). La modulation périodique de la self de la bobine entraîne des variations périodiques du régime du courant. Ces variations se produisant avec un certain retard, il apparaît une force en phase avec la vitesse et en première approximation proportionnelle à la vitesse, dont l'effet est soit d'amortir, soit d'entretenir le pendule. Dans ce dernier cas, pour qu'il y ait effectivement entretien, il faut que cette force soit supérieure à l'amortissement mécanique du pendule, ce qui implique l'existence d'un seuil de tension.

1. *Analyse qualitative du phénomène.* — La force qui s'exerce sur la masse M est

$$F = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{dx}.$$

Pour que l'entretien soit possible, il faut qu'elle soit plus grande, pour x donné, quand la vitesse est positive. Ceci est réalisé à cause du phénomène de retard, si l'intensité est une fonction décroissante de x. En d'autres termes, l'augmentation du coefficient de self-induction provoquée par un accroissement positif

(1) Séance du 24 février 1947.

(2) J. BETHENOD, Brevet français 691515 du 30 mai 1929.

(3) Y. ROCARD, *Dynamique générale des vibrations*, p. 242.

de x doit écarter le circuit oscillant de la résonance, ce qui se traduit par

$$L\omega - \frac{1}{C\omega} > 0.$$

Ce résultat est vérifié par l'expérience.

Remarquons que le mécanisme de l'entretien que nous proposons a une parenté certaine avec celui de la sonnerie électrique à trembleur (courant continu). On peut même le généraliser à des modes d'entretien très variés, ce qui revient à dire que les phénomènes transitoires ont une incidence très nette sur la stabilité des systèmes oscillants.

2. *Étude mathématique du problème des faibles oscillations.* — Nous nous bornerons à calculer le seuil de tension.

L'équation différentielle qui régit l'intensité du courant dans le circuit s'obtient par application de la loi de Lenz. On trouve

$$L\frac{d^2 i}{dt^2} + \left(R + 2\frac{dL}{dt}\right)\frac{di}{dt} + \left(\frac{1}{C} + \frac{d^2 L}{dt^2}\right) i = E\omega\cos\omega t.$$

Cette équation n'est pas intégrable. Recherchons une solution approchée dans le cas des faibles amplitudes. Supposons le pendule animé d'un mouvement sinusoïdal de faible amplitude et posons que la modulation de la self est de la forme

$$L(1 + \varepsilon\sin\alpha t), \qquad \text{avec} \quad x = x_0 \sin\alpha t.$$

Prenons ε comme infiniment petit principal.

L'équation écrite plus haut devient dans le cas particulier actuel

$$L(1 + \varepsilon\sin\alpha t)\frac{d^2 i}{dt^2} + (R + 2L\varepsilon\alpha\cos\alpha t)\frac{di}{dt} + \left[\frac{1}{C} - L\varepsilon\alpha^2\sin\alpha t\right] i = E\omega\cos\omega t.$$

Posons $i = i_1 + i_2$, i_1 étant *a priori* solution de l'équation

$$L\frac{d^2 i_1}{dt^2} + R\frac{di_1}{dt} + \frac{1}{C} i_1 = E\omega\cos\omega t.$$

Négligeons les termes du second ordre; on a une équation intégrable; on en tire

$$\begin{aligned} i_2 = {} & P(-\alpha)\cos[(\omega - \alpha)t + \varphi] + Q(\alpha)\sin[(\omega - \alpha)t + \varphi], \\ & - P(\alpha)\cos[(\omega + \alpha)t + \varphi] - Q(\alpha)\sin[(\omega + \alpha)t + \varphi], \end{aligned} \qquad \operatorname{tg}\varphi = \frac{1 - LC\omega^2}{RC\omega},$$

en posant

$$P(\alpha) = \frac{L\varepsilon EC^2\omega(\omega + \alpha)^2[1 - LC(\omega + \alpha)^2]}{2D[D(\alpha)]^2}, \qquad Q(\alpha) = \frac{L\varepsilon EC^3 R\omega(\omega + \alpha)^3}{2D[D(\alpha)]^2},$$

avec

$$D = \sqrt{(1 - LC\omega^2)^2 + (RC\omega)^2} \qquad D(\alpha) = \sqrt{[1 - LC(\omega + \alpha)^2]^2 + [RC(\omega + \alpha)]^2}.$$

En remplaçant par leur valeur i_1 et i_2 dans l'expression de la force, et en

négligeant les termes du second ordre, on trouve que la force a une composante en phase avec la vitesse, soit

$$F = \frac{EC\omega}{2D}\frac{dL}{dx}[Q(-\alpha) - Q(\alpha)]\cos\alpha t,$$

ce qui conduit, en appelant f le coefficient d'amortissement du pendule, et en tenant compte des relations

$$Q(-\alpha) - Q(\alpha) = -2\alpha\left(\frac{dQ}{d\alpha}\right)(0), \qquad \varepsilon = \frac{x_0}{L}\frac{dL}{dx},$$

à trouver l'expression du seuil de tension

$$E^2 = -\frac{2f[(1 - LC\omega^2)^2 + (RC\omega)^2]^3}{\left(\frac{dL}{dx}\right)^2 RC^4\omega^4[(1 - LC\omega^2)(3 + LC\omega^2) + (RC\omega)^2]}.$$

Comme on le voit, pour que l'entretien soit possible, il faut que L soit supérieur, non à la valeur de résonance $1/C\omega^2$, mais à une valeur supérieure, $(1/C\omega^2)\left[-1 + \sqrt{4 + (RC\omega)^2}\right]$ qui en est voisine si la surtension du circuit est élevée. Sans que nous puissions pour le moment préciser le mécanisme de ce phénomène, il apparaît que la modulation de la phase au voisinage de la résonance contribue à amortir le pendule.

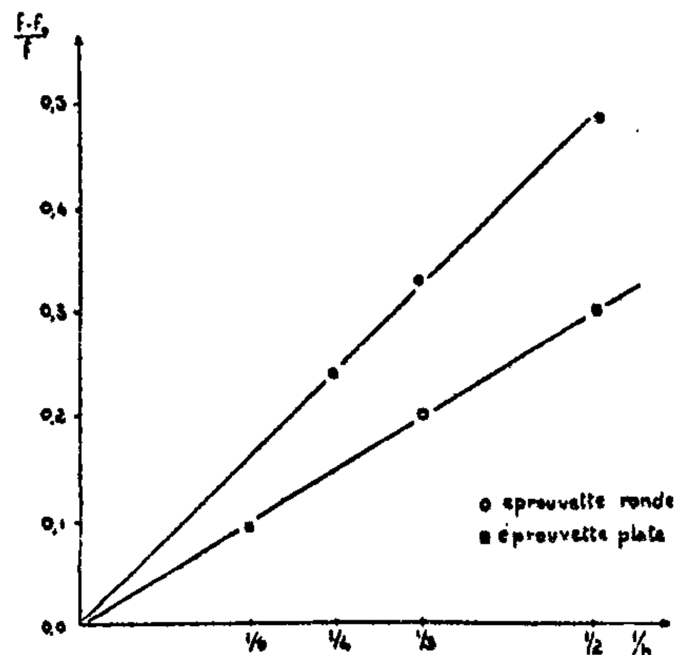
RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Sur l'influence de la forme et des dimensions de l'éprouvette sur le résultat des essais de fatigue.* Note [1] de M. **Pierre Laurent**, présentée par M. Albert Portevin.

L'introduction de la limite de fatigue dans les calculs de la résistance des pièces en service s'est, depuis longtemps, révélée décevante. On ne peut affirmer qu'il n'y aura pas rupture pour une pièce dont les contraintes sont inférieures à la limite de fatigue déterminée sur éprouvette normalisée. En réalité, la limite de fatigue dépend de la forme et des dimensions des éprouvettes, comme l'ont constaté de nombreux auteurs. Si f est la limite de fatigue calculée à partir des formules de la résistance des matériaux et f_t la limite de fatigue en traction-compression, l'expérience montre que $(f - f_t)/f$ est une fonction linéaire de l'inverse des dimensions de l'éprouvette [*fig.* 1 tracée à partir des résultats de Buchmann [2] sur un alliage Élektron]; des conclusions analogues sont valables pour les aciers, comme le montre l'interprétation des résultats publiés notamment par Moore et Jaspar [3], Morokin et Moore [4].

---

(1) Séance du 3 mars 1947.
(2) D'après **Beck**, *Technology of magnesium*, *Trad. Londres*, 1940.
(3) Cité par **Peterson**, *Experim. Stress Analysis*, 1, p. 118.
(4) *A. S. T. M.*, 1944, p. 137.

Aucune des théories admises jusqu'à présent ne permet d'expliquer ces résultats; nous nous proposons, dans cette Note, de montrer que la théorie de la consolidation de tensions en fournit la justification.



Variation de $\frac{f-f_t}{f}$ en fonction de l'inverse du diamètre (ou de l'épaisseur) sur éprouvette ronde en flexion rotative (ou sur éprouvette plate en flexion alternée). D'après les résultats de Buchmann sur alliage Elektron.

D'après cette théorie, on peut admettre ([5]) que la force nécessaire pour produire une déformation donnée peut se décomposer en :

1° La force F_c nécessaire pour déformer les différents cristaux supposés indépendants les uns des autres;

2° La force F_t nécessaire pour tenir compte des interactions cristallines (consolidation de tension).

D'après Dehlinger, dans les phénomènes de fatigue, F_t passe par un maximum en fonction de la charge appliquée. On peut montrer que la limite de fatigue est égale à la contrainte f_t correspondant à ce maximum, c'est-à-dire que la limite de fatigue est liée aux interactions cristallines. Ceci explique pourquoi les limites de fatigue ne suivent pas les règles usuelles de la résistance des matériaux.

Pour expliquer, par cette théorie, l'influence des dimensions et de la forme de l'éprouvette en flexion, considérons, pour simplifier, que les cristaux ont une même dimension δ et sont répartis en couches parallèles à l'axe de l'éprouvette. La couche extérieure de l'éprouvette d'épaisseur δ supposée séparée du reste de l'éprouvette subira des déformations de traction et compression; par suite des interactions des différents cristaux de cette couche, la limite de fatigue de celle-ci en traction est f_t. L'interaction de cette couche et du reste de l'éprouvette lui donne une certaine courbure que l'on peut reproduire en exerçant sur cette couche un couple de flexion $\mathcal{M}$; la contrainte dans la fibre

---

([5]) P. Laurent, *Rev. Métallurgie*, 1945, p. 230.

extérieure de cette couche est alors $(\mathfrak{M}/J)\varepsilon$, ε étant la distance de la fibre extérieure à la ligne neutre de cette couche externe et J son moment d'inertie. Cette interaction s'ajoute aux interactions de cristaux de la couche δ; par suite, lorsque la limite de fatigue est atteinte, la contrainte correspondant à la consolidation de tension dans la fibre extérieure est : $f_t + (\mathfrak{M}/J)\varepsilon$. Si f est la limite de fatigue de l'éprouvette calculée par la formule classique $f = (M/I)v$, on a : $f = f_t + (\mathfrak{M}/J)\varepsilon$. Mais, comme au cours de la flexion, les plans normaux à l'axe restent normaux à la ligne neutre : $\mathfrak{M}/J = M/I = f/v$.

D'où

$$f = f_t + \frac{f}{v}\varepsilon, \qquad \frac{f - f_t}{f} = \frac{\varepsilon}{v}.$$

Le raisonnement précédent indique que la limite de fatigue en un point n'est pas déterminée uniquement par les contraintes en ce point et qu'il faut tenir compte du gradient de la déformation.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur une condition mathématique permettant de limiter à quatre le nombre de composantes de la fonction d'onde de Dirac.* Note [1] de M. **Georges Bodiou.**

Dans son livre sur les *Particules à Spin*, M. L. de Broglie s'exprime ainsi : « M. Dirac a montré que l'on devait prendre au moins 4 fonctions Ψ_k, et il a admis qu'on devait se borner à 4 » (p. 62). Nous nous proposons de caractériser mathématiquement cette limitation.

I. La densité de probabilité de la variable continue x est

$$\rho(x) = \sum_i |(x a_i|)|^2,$$

où les a_i sont les valeurs propres discontinues d'un opérateur α.

Soit β un opérateur à valeurs propres b_j lié stochastiquement à α

$$(x b_j|) = \sum_i (b_j | a_i)(x a_i|).$$

$$\beta \vec{\Lambda}_i = \left[\sum_j (b_j | a_i) b_j (b_j | a_k)^*\right] \vec{\Lambda}_k;$$

pour que $\overline{\alpha\beta + \beta\alpha} = 0$, il faut et il suffit que

$$\text{(I)} \qquad \left[(a_k + a_i)\sum_j b_j (b_j | a_i)(b_j | a_k)^* = 0\right],$$

[1] Séance du 24 février 1947.

donc ou bien $a_k + a_i = 0$, ou bien $\sum_j b_j (b_j | a_i)(b_j | a_k)^* = 0$ si $a_k + a_i \neq 0$, c'est-à-dire que $[\beta \vec{A}_i, \vec{A}_k] = 0$.

Donc il y a dégénérescence; on classe les $\vec{A}$ (et les $\vec{B}$) de telle sorte que la valeur propre liée à $\vec{A}_i$ soit $i/|i|$ ou $a_i/|a_i|$, on note $(b_j | a_i)$ par $(j | i)$. On suppose que α et β ont $2n$ directions propres : n pour la valeur propre $+1$ et n pour la valeur propre -1.

II. La condition d'anticommutation I devient alors

$$(\text{I}') \qquad \left(\frac{i}{|i|} + \frac{i'}{|i'|}\right) \sum_j \frac{j}{|j|} (j | i)(j | i')^* = 0.$$

Elle est vérifiée pour des i et des i' de signes contraires.

Il reste donc à satisfaire

$$-\sum_{j<0} (j | i)(j | i')^* + \sum_{j>0} (j | i)(j | i')^* = 0$$

pour des i, i' de même signe. Avec la condition d'orthogonalité de $\vec{A}_i$ et $\vec{A}_{i'}$ elle équivaut à

$$(a) \quad \sum_{j<0} (j | i)(j | i')^* = 0 \qquad \text{et} \qquad (b) \quad \sum_{j>0} (j | i)(j | i')^* = 0 \qquad (i \neq i')$$

et $i - i'$ de même signe.

Et dans le cas de $i = i'$ elle s'écrit (en la combinant avec la normalisation de $\vec{A}_i$)

$$(c) \qquad \sum_{j<0} |(j | i)|^2 = \sum_{j>0} |(j | i)|^2 = \frac{1}{2}.$$

Or

$$\vec{A}_i \equiv \sum_{j<0} (j | i) \vec{B}_j + \sum_{j>0} (j | i) \vec{B}_j = \vec{A}_{i-} + \vec{A}_{i+}.$$

Les $\vec{B}_{(+)}$ constituent un sous-espace linéaire des $\vec{B}$; il en est de même des $\vec{B}_{(-)}$, ces deux sous-espaces étant disjoints et orthogonaux; les relations (a), (b) et (c) permettent d'énoncer ce qui suit :

Les $A_{i(+)}$ $(i > 0)$ et les $A_{i'(+)}$ $(i' < 0)$ constituent deux bases orthonormales (longueur $\sqrt{2}/2$) du sous-espace $\vec{B}_{(+)}$; les $A_{i(-)}$ $(i > 0)$ et $A_{i'(-)}$ $(i' < 0)$ constituent deux bases orthonormales du sous-espace $\vec{B}_{(-)}$. On doit y joindre la condition d'orthogonalité des $\vec{A}_i$ $(i > 0)$ et des $\vec{A}_{i'}$ $(i' < 0)$ pour avoir le système des conditions nécessaires et suffisantes d'anticommutation; cette orthogonalité équivaut à

$$[\vec{A}_{i+}, \vec{A}_{i'+}] + [\vec{A}_{i-}, \vec{A}_{i'-}] = 0.$$

III. On en déduit que déterminer 2 opérateurs anticommutants équivaut à déterminer 3 systèmes orthonormaux dans 3 espaces hermitiens à n dimensions; par exemple les $\overrightarrow{A}_{i(+)}$, les $\overrightarrow{A}_{i'(+)}$ et les $\overrightarrow{A}_{i(-)}$; donc un couple d'opérateurs anticommutants dépend de $3n^2$ paramètres réels.

IV. Trois opérateurs α, β, γ étant donnés, tels que γ anticommute avec α, pour qu'il anticommute avec β il suffit d'écrire l'orthonormalité des $C_{j(-)}(j>0)$ et la simple orthogonalité des $C_{j'(+)}(j'<0)$; il y a donc une infinité à n^2+n paramètres réels d'opérateurs γ anticommutant avec 2 opérateurs donnés α et β. L'ensemble de 3 opérateurs α, β, γ anticommutant deux à deux dépend donc de $4n^2+n$ paramètres réels.

V. Considérant alors 3 opérateurs α, β, γ anticommutant avec un quatrième δ et écrivant les conditions pour qu'ils anticommutent entre eux, on trouve que cet ensemble de 4 opérateurs anticommutants deux à deux dépend de $3n^2+3n$ paramètres réels.

Si l'on veut qu'il n'y ait pas à particulariser le trio des α, β, γ anticommutant entre eux, pour qu'il puisse appartenir au quatuor α, β, γ, δ, anticommutant également deux à deux, il faut :

$$3n^2+3n \geqq 4n^2+n \quad \text{ou} \quad n \leqq 2.$$

Sachant déjà qu'il faut au moins $n=2$, on voit que c'est la seule valeur satisfaisant à la condition énoncée; il reste à en dégager la signification physique; ce sera l'objet d'une seconde Note.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la troisième loi de Képler dans l'attraction éclairée.* Note de M. **Constantin Popovici**, présentée par M. Jean Chazy.

Dans des travaux qui datent de 1923, nous avons considéré la loi du mouvement d'une planète soumise à l'attraction éclairée du Soleil, c'est-à-dire soumise à l'attraction newtonienne du Soleil de laquelle on retranche la répulsion de la lumière, et nous sommes arrivé pour cette loi de force à l'expression [1]

$$(1) \qquad F=-\frac{k}{r^2}\left(1+\varepsilon\frac{dr}{dt}\right), \qquad k=A-R, \qquad \varepsilon=\frac{R}{c(A-R)}\,;$$

A désigne l'attraction et R la répulsion à l'unité de distance, c la vitesse de la lumière. Une telle force ne conserve pas l'énergie, et la trajectoire tend vers un cercle. En effet, M. Chazy a donné [2] la comparaison suivante : le mouvement (dans le vide) est de même nature cinétique que le mouvement d'*un pendule*

[1] *Bull. astron.*, 3, 1923, pp. 258-263. M. Armellini a proposé la loi (1) pour remplacer la loi de Newton (*Rendiconti Lincei*, 1937, passim).

[2] *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 133; **210**, 1940, p. 713; *Bull. astron.*, **12**, 1940, pp. 89-97; *Journ. de Math.*, **19**, 1940, pp. 261-280.

dans un milieu résistant; le cercle limite de la trajectoire planétaire joue le rôle du point d'équilibre du pendule.

Nous avons démontré ([3]) que l'énergie consommée dans l'attraction éclairée *est finie* de $t = -\infty$ à $t = +\infty$, même si l'éclat du Soleil dure indéfiniment.

Nous allons démontrer une proposition analogue, que nous pouvons appeler le *théorème de la variation des siècles et des routes* :

La différence des nombres des révolutions de la planète avec la loi (1) *et avec la loi de Newton* ($\varepsilon = 0$) *est finie de* $t = 0$ *à* $t = +\infty$; *la différence des routes aussi est finie.*

Pour mieux approfondir la nature des choses, cherchons ce qui correspond à la troisième loi de Képler dans l'attraction éclairée. Nous avons dit en 1923 que, la loi (1) ne présentant pas une invariance, lorsque nous remplaçons les distances r par λr et le temps t par τt tels que $\lambda^3 = \mu\tau^2$ (μ constante), la troisième loi de Képler ne se conserve pas. Il y aura à chaque révolution un écart d'ordre ε. Cette proposition, malgré son évidence apparente, est inexacte : au contraire, sur chaque portion d'une trajectoire définie par la loi (1); la troisième loi de Képler garde sa validité.

Voyons d'abord ce qui correspond à la troisième loi de Képler dans le mouvement newtonien, lorsque cette loi ne paraît plus avoir de sens, comme cela se présente dans le mouvement parabolique ou hyperbolique, où l'on ne peut plus parler de *période de révolution.* Nous avons, pour $\varepsilon = 0$, avec les notations habituelles,

$$k/m = fm_0 = 4\pi^2 a^3/T^2 = C^2/p = ah.$$

Toutes ces égalités sont différentes expressions de la troisième loi de Képler. Elles symbolisent l'homogénéité. Si nous ne négligeons pas la pression de la lumière, mais si nous la considérons comme *instantanée,* nous aurons, avec les mêmes valeurs initiales C et h,

$$k'/m = fm'_0 = 4\pi^2 a'^3/T'^2 = C^2/p' = a'h, \qquad m'_0 = m_0(1 - R/A).$$

Remarquons que cela donne $pa = p'a' = b^2$; d'où, *pour toutes les particules, la même valeur du petit axe.*

Dans le problème de n corps on peut considérer de même un demi-grand axe elliptique, parabolique ou hyperbolique, en posant $h = fm_0/a$.

Similitude. — Nous pouvons donner une autre interprétation de la troisième loi de Képler, comme conséquence de l'homogénéité. Soient deux systèmes de mêmes masses, dont les distances et les vitesses initiales se déduisent l'une de l'autre par multiplication respective par λ et λ/τ avec $\lambda^3 = \tau^2$: nous dirons que les deux systèmes sont en similitude. Leur évolution conserve invariable le

---

([3]) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 2052; **210**, 1940, pp. 39 et 138; **218**, 1944, p. 784; **219**, 1944, p. 114.

rapport des cubes des distances aux carrés des temps. Si l'un des systèmes revient à sa conformation originelle, il en sera de même de l'autre d'après la troisième loi de Képler.

Lorsque nous tenons compte de la vitesse de la lumière, pour $\varepsilon \neq 0$, l'expression de la force (1) ne jouit plus de l'homogénéité; cependant la troisième loi de Képler est satisfaite sur toute la trajectoire. En effet, la force étant centrale, la loi des aires est satisfaite; d'autre part la trajectoire est

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{p} + \frac{\eta}{p}\cos\left[\sqrt{1-\alpha^2}(\theta-\theta_0)\right], \qquad \eta = \eta_0 e^{-\alpha\theta}, \qquad \alpha = \frac{\varepsilon k}{2C},$$

et comme p et C sont constants, il résulte que la troisième loi de Képler est satisfaite par chaque arc d'ellipse passant par cinq points voisins de la trajectoire.

Démontrons maintenant le théorème énoncé. La différence des temps de parcours de l'arc de la trajectoire et de l'arc de la circonférence limite $r = p$ correspondant à un même angle polaire, est donnée par l'intégrale

$$\frac{1}{C}\int_{\theta_0}^{\theta}(r^2-p^2)\,d\theta = \frac{p^2}{C}\int_{\theta}^{\theta}\left[\frac{1}{\left[1+\eta\cos\left[\sqrt{1-\alpha^2}(\theta-\theta_0)\right]\right]^2}-1\right]d\theta;$$

or, d'après l'expression $\eta = \eta_0 e^{-\alpha\theta}$, où α est positif, cette intégrale tend visiblement vers une limite finie quand la limite supérieure θ tend vers $+\infty$, puisque la fonction intégrée est le produit de η par un cosinus et par une quantité qui tend vers -2.

La différence des longueurs des deux mêmes arcs tend aussi vers une limite finie, car elle est donnée par l'intégrale

$$\int_{\theta_0}^{\theta}\left[\sqrt{\left(\frac{dr}{d\theta}\right)^2+r^2}-p\right]d\theta,$$

où la différence $r-p$, la dérivée $dr/d\theta$, et par suite l'expression entre crochets, sont de même les produits de la fonction η et de quantités bornées quand θ tend vers $+\infty$.

ANALYSE DIMENSIONNELLE. — *Sur la dimension des angles.* Note (1) de M. **André Martinot-Lagarde.**

Quand on écrit une formule de dimension, il est classique de poser que les angles sont sans dimension, sans indication complémentaire. Cela est correct parce qu'on sous-entend que les angles seront toujours par convention mesurés, comme les arcs trigonométriques, en radians. Mais cette manière de parler

(1) Séance du 3 mars 1947.

contient une contradiction; car, par définition même du mot dimension, toute grandeur qui peut être mesurée avec différentes unités a des dimensions.

La mesure d'un angle est égale au produit d'un nombre sans dimensions, le rapport des mesures de deux longueurs d'arc (ou le rapport de la longueur d'un arc à la longueur du rayon) *par un facteur arbitraire*. C'est d'une façon analogue que, par exemple, une masse spécifique est égale au rapport de deux masses multiplié par un facteur arbitraire, ou qu'une température absolue est le rapport de deux quantités de chaleur multiplié par un facteur arbitraire.

On pourrait répondre il est vrai que les angles, ainsi que les angles solides, se rapprochent des nombres abstraits et se distinguent de toutes les autres grandeurs de la façon suivante : chaque angle a des propriétés qui n'appartiennent à aucun autre angle, indépendamment de toute propriété spécifique ou générale de la matière ([2]); par exemple l'angle droit se distingue des autres angles en ce qu'il est égal à son supplément. Au contraire, une longueur n'a pas de propriété indépendante des propriétés de la matière.

Mais si l'on excepte toute propriété spécifique d'aucun objet ou d'aucun matériau, et qu'on considère seulement les propriétés générales de la matière et du vide, il est aisé de caractériser chaque longueur par une propriété qui la distingue des autres longueurs ([3]) : une longueur, dont la mesure dans tel système d'unités est L, est la longueur d'onde dans le vide d'une radiation de fréquence $\nu = c/L$; cette radiation est émise en photons d'énergie

$$W = h\nu = \frac{hc}{L},$$

la masse correspondant à cette énergie est $m = W/c^2 = h/cL$. Considérons deux masses, de même mesure m; Γ étant la constante de la gravitation, plaçons ces deux masses séparées l'une de l'autre par une distance L' telle que leur énergie de gravitation, $m^2/\Gamma L'$, soit égale à W. Le nombre sans dimension

$$\frac{L}{L'} = \frac{\Gamma c^3}{h} L^2,$$

ou plus commodément sa racine carrée, proportionnelle à L, caractérise la longueur considérée. On trouve

$$\sqrt{\frac{\Gamma c^3}{h}} = 247 \cdot 10^{30} \quad \text{C.G.S.}$$

Cela revient d'ailleurs à présenter d'une façon un peu différente de celle d'Eddington son système d'unités naturel ([4]), où Γ, c et h sont mesurés par 1.

([2]) ABRAHAM, *Journal de Physique*, 3e série, 1, 1892, p. 516.

([3]) L. de BROGLIE, *Matière et Lumière*, Paris, 1937.

([4]) *Report on Gravitation* (*Mond. Phys. Soc.*, 1918, p. 91).

Les longueurs se trouveraient alors des grandeurs sans dimensions, du fait qu'on aurait fixé une fois pour toutes leur unité. Elles le seraient au même titre que les angles quand on les mesure comme des arcs trigonométriques.

Or, en fait, on écrit usuellement les équations de la physique en les déclarant invariantes par rapport aux changements d'unités, et en disant que les angles sont sans dimensions; mais on ajoute par exemple que telle équation n'est valable que si l'unité d'angle est le tour.

THÉORIE DES VIBRATIONS. — *Sur le calcul approché de certaines sommes.* Note de M. **Théodore Vogel**, présentée par M. Joseph Pérès.

Lorsqu'on étudie par la méthode des coordonnées normales les vibrations de systèmes continus étendus dans n dimensions, la fonction d'état et les grandeurs qui en découlent, telles que l'énergie cinétique moyenne, se présentent sous la forme de séries infinies, où chaque terme est rattaché à l'une des vibrations propres du système par une fonction des n indices qui la caractérisent. En particulier, dans le cas des plaques et des membranes, $n=2$, et suivant le problème traité, les indices r et s peuvent prendre toutes les valeurs entières de 1 à ∞, ou toutes les valeurs impaires, etc. (1)(2). De toutes façons, il s'agit de sommer les valeurs d'une fonction $F(r,s)$ continue par rapport à ses arguments, pour les points du plan de phase (r,s) qui sont les centres d'un quadrillage régulier dont la maille a une surface déterminée S ($S=4$, par exemple, si r et s sont assujettis à être de parité déterminée). En particulier, il pourra s'agir de sommer tous les termes correspondant à des pulsations propres comprises entre deux bornes ω et ω', ou tous ceux qui résonnent au voisinage d'une valeur donnée ω de la pulsation.

Dans le plan (r,s), les expressions des pulsations propres

$$\omega_{rs}(r,s)=\omega$$

représentent une famille de courbes de paramètre ω, qui partagent le premier quadrant en deux régions, dont l'une contient à la fois l'origine et toutes les courbes dont le paramètre est inférieur à ω. Si ω est suffisamment grand, l'aire de cette région *intérieure* peut être confondue avec une aire composée de mailles entières du quadrillage; d'autre part, F étant une fonction continue de r et s, il y a un point intérieur à la maille M où cette fonction a pour valeur la moyenne des valeurs affixes de tous les points M, soit

$$F(r_0,s_0)=\frac{1}{S}\iint_M F(r,s)\,dr\,ds,$$

(1) *J. de Physique*, 1946, p. 193.
(2) *Revue Scientifique*, 1946, p. 515.

et l'on pourra admettre avec une approximation généralement suffisante que ce point est le centre de M. Dès lors, la somme cherchée des valeurs de $F(r, s)$ étendue à tous les r, s compris entre les deux courbes ω et ω', vaudra approximativement

$$\sum_{\omega, \omega'} F(r, s) = \frac{1}{S} \iint_{S} F(r, s)\, dr\, ds,$$

intégrale étendue à la surface S comprise entre les deux courbes $\omega_{r,s} = \omega$ et $\omega_{r,s} = \omega'$. Il est d'ailleurs licite, à l'approximation adoptée, d'évaluer cette intégrale de telle façon que l'on veut, et en particulier de la transformer en adoptant un système de coordonnées polaires dans le plan de phase, encore que l'élément d'aire n'ait plus la même forme qu'une maille.

Cette transformation sera notamment utile dans le cas des plaques et des membranes rectangulaires, où l'on a

$$\omega = K\left(\frac{r^2}{a^2} + \frac{s^2}{b^2}\right) \quad \text{ou} \quad \omega = K\left(\frac{r^2}{a^2} + \frac{s^2}{b^2}\right)^{\frac{1}{2}};$$

la substitution

$$r = aR\cos\theta, \qquad s = bR\sin\theta$$

transformera alors φ en une portion d'anneau circulaire comprise entre deux rayons vecteurs. Si les plus petites valeurs permises pour r et s sont égales à 1, par exemple, les limites d'intégration en θ seront alors $\arcsin(1/bR)$ et $\arccos(1/aR)$, soit sensiblement, pour R grand, $\operatorname{arc\,tg}(1/bR)$ et $\operatorname{arc\,cotg}(1/aR)$. On pourra souvent séparer les variables et mettre F sous la forme $G(R).H(\operatorname{tg}\theta)$: c'est ce qui s'est constamment produit dans les problèmes rencontrés dans les publications citées ci-dessus. Alors

$$\sum_{\omega, \omega'} F(r, s) = \frac{1}{S}\int_{R}^{R'} G(R)\, R\, dR \int_{\frac{1}{bR'}}^{aR'} H(\operatorname{tg}\theta)\frac{d\operatorname{tg}\theta}{1 + \operatorname{tg}^2\theta}.$$

Lorsqu'on cherche la valeur de $\Sigma F(r, s)$ pour toutes les vibrations propres *voisines* de ω, il faut définir la largeur de la bande de voisinage. Nous l'avons choisie telle que les bandes correspondant à des centres de mailles voisines soient sensiblement contiguës : par exemple, lorsque r et s sont assujettis à être de parité déterminée, l'incrément de R, lorsqu'on passe d'un point au voisin, est $1/a$ ou $1/b$ suivant la direction adoptée; nous prenons alors la moyenne géométrique $1/\sqrt{ab}$ pour largeur de la bande de voisinage.

A titre d'exemple, considérons la transparence de la plaque carrée de côté $\sqrt{ab}$, problème traité dans le Mémoire cité [1] : nous sommes alors amenés à

calculer $\sum_{\omega}\left(\frac{1}{r^2 s^2}\right)$. La méthode ci-dessus donne immédiatement

$$\sum_{\omega}\frac{1}{r^2 s^2}=\frac{ab}{4}\int_{\mathrm{R}}^{\mathrm{R}+\frac{1}{\sqrt{ab}}}\int_{\operatorname{arctg}\frac{1}{\sqrt{ab}\,\mathrm{R}}}^{\operatorname{arctg}\sqrt{ab}\,\mathrm{R}}\frac{\mathrm{R}\,d\mathrm{R}\,d\theta}{a^2 b^2 \mathrm{R}^4 \sin^2\theta\cos^2\theta}$$

$$=\frac{ab}{4}\left[\frac{1}{2\mathrm{R}^2}\right]_{\mathrm{R}}^{\mathrm{R}+\frac{1}{\sqrt{ab}}}\left(t-\frac{1}{t}\right)_{\frac{1}{\sqrt{ab}\,\mathrm{R}}}^{\sqrt{ab}\,\mathrm{R}}$$

$$=\frac{1}{8ab}\,\frac{\frac{2\mathrm{R}}{\sqrt{ab}}+\ldots}{\mathrm{R}^4+\ldots}\,(2\sqrt{ab}\,\mathrm{R}+\ldots)=\frac{1}{2ab\mathrm{R}^2}=\frac{\mathrm{K}}{2ab\omega}.$$

C'est bien l'expression que nous avions trouvée par une autre méthode d'approximation. Le même procédé, appliqué à la fonction $\mathrm{F}=1/r^2 s^2\omega_{rs}^6$, nous a permis de calculer la transparence d'une double paroi formée d'une plaque et d'une membrane ([2]).

THÉORIE DE LA CHALEUR. — *Le calcul des indices d'amortissement et de promptitude thermique des murs.* Note ([1]) de M. **Philippe Marmet.**

Pour caractériser le comportement d'un mur à l'égard des variations de la température extérieure, on considère son indice d'amortissement et sa promptitude thermique.

Ces notions se définissent en supposant que les variations de température extérieures sont sinusoïdales, de période 24 heures et d'amplitude égale à l'unité. Elles entraînent des variations de température de la face interne du mur également sinusoïdales et de période 24 heures, mais d'amplitude $\mathrm{A}<1$, et en retard sur les variations extérieures.

Par définition, A est l'indice d'amortissement du mur. Le retard peut être appelé indice de promptitude thermique. L'ensemble de ces deux grandeurs constitue un vecteur $\vec{\mathcal{A}}=\mathrm{A}\lfloor\alpha$ dont la présente Note a pour but d'indiquer un mode de calcul.

La chaleur qui traverse un mur se propageant dans une direction unique, l'hypothèse de Fourier et l'équation qui en résulte s'écrivent :

$$\mathrm{Q}=-\lambda\frac{\partial\mathrm{T}}{\partial x}\qquad\text{et}\qquad\frac{\partial\mathrm{T}}{\partial\tau}=\frac{\lambda}{cd}\frac{\partial^2\mathrm{T}}{\partial x^2},$$

Q étant le flux de chaleur, λ la conductibilité, c la chaleur spécifique, d la densité et $\partial\mathrm{T}$ la différence de température produite pendant le temps $\partial\tau$ entre deux isothermes distantes de ∂x.

([1]) Séance du 3 mars 1947.

En introduisant la résistivité thermique $R_1 = 1/\lambda$ et la capacité thermique par unité de volume $C_1 = cd$, ces équations deviennent :

$$QR_1 = -\frac{\partial T}{\partial x} \quad \text{et} \quad \frac{\partial Q}{\partial x} = -C_1 \frac{\partial T}{\partial \tau}.$$

Ces relations sont identiques aux équations des télégraphistes relatives aux lignes électriques sans self, le flux de chaleur Q jouant le rôle du courant, et la température T le rôle de la tension.

En conséquence, lorsqu'un corps est traversé par un flux de chaleur se propageant dans une seule direction, ce corps constitue une ligne thermique pour laquelle on peut définir une impédance caractéristique Zc et une constante de propagation γ données par les mêmes formules que pour les lignes électriques sans self :

$$\vec{Zc} = \sqrt{\frac{R_1}{C_1 \omega j}}, \qquad \vec{\gamma} = \sqrt{R_1 C_1 \omega j}.$$

En fonction des constantes primaires des matériaux (conductibilité λ, chaleur spécifique c, densité d) et pour la pulsation $\omega = (2\pi/24) = 0{,}261$, l'impédance caractéristique et la constante de propagation s'expriment par

$$\vec{Z_c} = \frac{2}{\sqrt{\lambda cd}} \underline{\left| -\frac{\pi}{4} \right.} \quad \text{et} \quad \vec{\gamma} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{cd}{\lambda}} \underline{\left| +\frac{\pi}{4} \right.}.$$

Un mur composé de n couches de matériaux d'épaisseur $e_1 \ldots e_k \ldots e_n$, constitue une suite de n lignes thermiques d'impédances caractéristiques $Zc_1 \ldots Zc_k \ldots Zc_n$ et de constantes de transfert $\theta_1 = \gamma_1 e_1 \ldots \theta_k = \gamma_k e_k \ldots \theta_n = \gamma_n e_n$. Cette suite est fermée à ses extrémités sur des impédances Ze et Zi égales aux résistances thermiques de convection et de rayonnement des faces extérieure et intérieure du mur.

Le calcul de $\vec{\mathcal{A}}$ peut se faire à l'aide de la loi d'Ohm généralisée, des équations classiques de la propagation et du calcul des réflexions. Celui-ci se fonde sur la méthode de Kennelly qui consiste à définir la réflexion à l'extrémité d'une ligne d'impédance caractéristique Zc fermée sur une impédance Z différente de Zc par le rapport $(Z/Zc) = \operatorname{th} z$, z étant l'argument de réflexion.

En appelant $Za_1, \ldots, Za_k, \ldots, Za_n$ les impédances vues de *l'entrée* des couches successives, et $z_1, \ldots, z_k \ldots, z_n$ les arguments de réflexion *à la sortie* des mêmes couches, on obtient la formule

$$\vec{\mathcal{A}} = \frac{Zi}{Ze + Za_1} \prod_{k=n}^{k=1} \frac{\operatorname{ch} z_k}{\operatorname{ch}(\theta_k + z_k)}.$$

Za_1 et z_k sont donnés de proche en proche par les formules :

$$z_n = \arg\operatorname{th}\frac{Zi}{Zc_n}, \qquad Za_n = Zc_n \operatorname{th}(\theta_n + z_n);$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots, \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots;$$
$$z_k = \arg\operatorname{th}\frac{Za_{k+1}}{Zc_k}, \qquad Za_k = Zc_k \operatorname{th}(\theta_k + z_k);$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots, \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots;$$
$$z_1 = \arg\operatorname{th}\frac{Za_2}{Zc_1}, \qquad Za_1 = Zc_1 \operatorname{th}(\theta_1 + z_1).$$

Dans le cas d'un vide d'air de résistance Ra et de rang h, on peut admettre $Zc_h = \infty$, $\theta_h = 0$, d'où

$$z_h = 0, \qquad Za_h = Ra + Za_{h+1}, \qquad \frac{\operatorname{ch} z_h}{\operatorname{ch}(\theta_h + z_h)} = 1.$$

Le calcul numérique des indices d'affaiblissement s'effectue en traçant sur le topogramme des tangentes hyperboliques vectorielles (abaque Brown-Blondel) un *diagramme des arguments* qui donne les affixes de z_k et $\theta_k + z_k$. On lit sur l'abaque les modules des ch, ainsi que le module et la phase de $\operatorname{th}(\theta_1 + z_1)$, d'où l'on déduit Za_1.

Le calcul des indices de promptitude thermique s'effectue en reportant le diagramme sur le topogramme des cosinus hyperboliques et en lisant les phases correspondantes.

Cette méthode de calcul permet de comparer par leurs indices des murs de composition donnée et d'étudier l'efficacité des diverses couches d'un mur en fonction de leur nature, de leur épaisseur et de leur position. Elle facilite ainsi la recherche des matériaux à utiliser et la manière de les associer pour obtenir un résultat donné d'avance.

CHALEUR. — *Détermination de la relation entre la pression et la température d'ébullition correspondante.* Note de M. **D. Milosavlévič**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous nous proposons d'exposer une nouvelle méthode générale qui permet de trouver la liaison entre la pression p et la température d'ébullition correspondante T. Dans ce but nous utilisons l'équation de Clapeyron-Clausius

$$L = T(v'' - v')\frac{dp}{dT}, \tag{1}$$

qui est transformée en

$$d\left(ln\frac{p}{T}\right) = y\frac{1}{T}dT \tag{2}$$

en posant

$$y = \frac{L - p(v'' - v')}{p(v'' - v')}. \tag{3}$$

Pour intégrer l'équation (2) nous avons d'abord essayé sans succès d'exprimer y en fonction de T. Enfin nous avons réussi à trouver la relation linéaire entre y et la quantité z

$$z = \ln x - x \quad \text{et} \quad x = \frac{p}{p_k}\frac{T_{k'}}{T}, \tag{4}$$

où p_k désigne la pression critique et $T_{k'}$ la température absolue du point triple. Cette liaison entre y et z est donnée par l'équation

$$y = b - mz, \tag{5}$$

où b et m représentent des constantes positives relatives à la substance étudiée. Par exemple, pour H_2O, $m = 1,39$ et $b = 4,3$; pour CO_2, $m = 1,69$ et $b = 4,1$.

En tenant compte de (4) et (5), l'équation (2) prend la forme

$$\frac{d(\ln x)}{b - m(\ln x - x)} = \frac{dT}{T}, \tag{6}$$

équation différentielle du premier ordre avec des variables séparées. On peut souvent négliger le terme x; par exemple, on a pour l'eau

t (°C).	y.	x.	$\ln x$.	z.
0	18,76	0,000	−10,50	−10,50
20	17,08	0,000	− 9,22	− 9,22
40	15,67	0,000	− 8,14	− 8,14
60	14,38	0,001	− 7,21	− 7,22
80	13,28	0,002	− 6,40	− 6,40
100	12,36	0,003	− 5,69	− 5,69
140	10,68	0,011	− 4,55	− 4,56
180	9,42	0,027	− 3,60	− 3,63
200	8,88	0,041	− 3,20	− 3,24
240	8,02	0,081	− 2,52	− 2,60

Si la quantité x est négligeable devant $\ln x$, l'intégration de (6) donne l'équation

$$\ln\left(\frac{p}{p_k}\frac{T_{k'}}{T}\right) = \frac{b}{m}\left[1 - \left(\frac{T_{k'}}{T}\right)^m\right] + \left(\frac{T_{k'}}{T}\right)^m \ln\left(\frac{p_{k'}}{p_k}\right), \tag{7}$$

qui est alors la relation cherchée entre la pression p et la température absolue d'ébullition correspondante T.

La méthode exposée peut être utilisée aussi pour déterminer la relation entre la pression p et la température de sublimation correspondante T.

OPTIQUE. — *Étude analytique du pouvoir réflecteur des métaux recouverts d'une ou deux couches minces transparentes.* Note (¹) de M. **Florin Abelès**, présentée par M. Jean Cabannes.

Je me suis proposé d'examiner les possibilités d'augmenter le facteur de réflexion des métaux en les recouvrant de couches minces transparentes.

Le cas le plus simple est celui où l'on envisage une seule couche. Les formules générales (²) donnent dans ce cas particulier, en supposant l'incidence normale,

$$R_1 = \frac{r_1^2 + |r_2|^2 + 2r_1|r_2|\cos(\alpha_1 - \theta_2)}{1 + r_1^2|r_2|^2 + 2r_1|r_2|\cos(\alpha_1 - \theta_2)},$$

où nous avons posé

$$r_2 = \frac{n_1 - \nu_2 + i\chi_2}{n_1 + \nu_2 - i\chi_2} = |r_2|\, e^{i\theta_2}.$$

Une étude complète de R_1 nous a donné tous les renseignements nécessaires du point de vue pratique. Lorsque l'épaisseur de la couche est telle que $\alpha_1 - \theta_2$ soit multiple entier de π, R_1 est extremum. Il est maximum lorsque $\alpha_1 = \theta_2 + (2k+1)\pi$. Nous désignerons par δ_M l'épaisseur optique correspondante et par R_{1M} la valeur que prend R_1 dans ce cas. Nous supposerons le métal dans l'air, c'est-à-dire $n_0 = 1$. Dans ce cas on a toujours $R_{1M} > R_0$. Ainsi donc, avec une couche d'épaisseur convenable, on augmente toujours le facteur de réflexion du métal. Un autre paramètre dont nous disposons est l'indice de la couche. On trouve que $\partial R_{1M}/\partial n_1 > 0$; donc R_{1M} augmente lorsque n_1 augmente. R_{1M} est encore fonction des caractéristiques du métal, ν_2 et χ_2. On vérifie que $\partial R_{1M}/\partial \nu_2$ a le signe de $\nu_2^2 - (n_1^2 + \chi_2^2)$. $R_{1M} \to 1$ lorsque $\nu_2 \to 0$ et $\nu_2 \to \infty$. Il passe par un minimum pour $\nu_2 = (n_1^2 + \chi_2^2)^{1/2}$. Tous les autres paramètres restant les mêmes, R_{1M} est d'autant plus grand que le métal a un indice ν_2 plus faible [on n'aura jamais $\nu_2 > (n_1^2 + \chi_2^2)^{1/2}$]. On a aussi $\partial R_{1M}/\partial \chi_2 > 0$, ce qui veut dire que, toutes choses égales d'ailleurs, on a un facteur de réflexion d'autant plus élevé que l'indice d'extinction du métal recouvert est plus élevé.

Quelques résultats numériques donneront une idée des résultats que l'on peut obtenir avec une couche d'indice $n_1 = 2{,}4$ et d'épaisseur optimum.
Argent ($\nu_2 = 0{,}18$; $\chi_2 = 3{,}67$ pour $\lambda = 0^{\mu}{,}589$); $R_0 = 0{,}95$; $R_{1M} = 0{,}97$.
Aluminium ($\nu_2 = 0{,}81$; $\chi_2 = 5{,}47$ pour $\lambda = 0^{\mu}{,}5461$); $R_0 = 0{,}902$; $R_{1M} = 0{,}914$.
Chrome ($\nu_2 = 3{,}56$; $\chi_2 = 4{,}6$); $R_0 = 0{,}66$; $R_{1M} = 0{,}68$.

Ces résultats montrent qu'avec les substances dont nous disposons on ne peut espérer augmenter sensiblement le facteur de réflexion des métaux. En échange, ce procédé permet d'empêcher l'oxydation et plus généralement l'attaque des métaux dont sont formés les miroirs au contact de l'air.

(¹) Séance du 3 mars 1947.

(²) *Comptes-rendus*, **223**, 1946, pp. 891-893.

Le cas le plus simple après celui-là est celui d'un métal recouvert de deux couches minces transparentes d'indices différents. Si l'incidence est normale, les formules générales ([2]) montrent que

$$R_2 = \frac{A + B\cos\alpha_1 + C\cos(\alpha_2 - \theta_3) + D\cos(\alpha_1 + \alpha_2 - \theta_3) + E\cos(\alpha_1 - \alpha_2 + \theta_3)}{F + B\cos\alpha_1 + C\cos(\alpha_2 - \theta_3) + D\cos(\alpha_1 + \alpha_2 - \theta_3) + E\cos(\alpha_1 - \alpha_2 + \theta_3)},$$

où nous avons posé

$$A = r_1^2 + r_2^2 + |r_3|^2 + r_1^2 r_2^2 |r_3|^2, \qquad D = 2 r_1 |r_3|,$$
$$B = 2 r_1 r_2 (1 + |r_3|^2), \qquad E = 2 r_1 r_2^2 |r_3|,$$
$$C = 2 r_2 |r_3| (1 + r_1^2), \qquad F = 1 + r_1^2 r_2^2 + r_1^2 |r_3|^2 + r_2^2 |r_3|^2.$$

$$r_3 = \frac{n_2 - \nu_3 + i\chi_3}{n_2 + \nu_3 - i\chi_3} = |r_3|\, e^{i\theta_3}.$$

Comme dans le cas précédent, on trouve que R_2 présente des extrema lorsque les épaisseurs optiques sont telles que α_1 et $\alpha_2 - \theta_3$ soient des multiples entiers de π. On voit ainsi qu'il faut considérer quatre cas distincts : chacune des valeurs de $n_1 e_1$, $(2k+1)\lambda/4$ et $k'\lambda/2$ pouvant correspondre à l'une des valeurs de α_2, $\theta_3 + (2k''+1)\pi$ et $\theta_3 + 2k'''\pi$. L'étude analytique complète est bien plus compliquée que plus haut; nous donnerons ici simplement le résultat auquel on aboutit. Pour augmenter le facteur de réflexion R_0 des métaux, il faut les recouvrir de deux couches : la première d'épaisseur optique $(2k+1)\lambda/4$ et d'indice aussi fort que possible, et la deuxième d'épaisseur optique telle que $\alpha_2 = \theta_3 + 2k'\pi$ et d'indice aussi faible que possible. Quant au métal, on aura intérêt, comme dans le cas précédent, à prendre un métal d'indice ν_3 aussi faible que possible, et d'indice d'extinction χ_3 élevé. J'ai vérifié que si les épaisseurs sont choisies comme je viens de l'indiquer, et si $n_2 < n_1$, on a toujours $R_2 > R_0$. On aurait pu penser *a priori* que deux couches d'épaisseurs optiques telles que α_1 et $\alpha_2 - \theta_3$ soient multiples impairs de π donneraient le meilleur résultat, mais l'étude que j'ai faite montre que dans ces conditions on aura toujours, quels que soient n_1 et n_2, $R_2 < R_0$.

Voici quelques résultats numériques dans le cas où les métaux sont recouverts de deux couches transparentes d'indices $n_1 = 2,4$ et $n_2 = 1,35$. Nous donnons pour chaque métal deux valeurs de R_2 : la première correspond à deux couches telles que α_1 et $\alpha_2 - \theta_3$ soient multiples impairs de π; la deuxième, à deux couches dont la superficielle a une épaisseur optique $(2k+1)\lambda/4$, et la plus profonde est telle que $\alpha_2 = \theta_3 + 2k'\pi$. Argent : $R_2 = 0,771$; $R_2 = 0,986$. Aluminium : $R_2 = 0,559$; $R_2 = 0,969$. Chrome : $R_2 = 0,07$; $R_2 = 0,88$.

Donc avec deux couches transparentes convenablement choisies on peut obtenir une augmentation notable du pouvoir réflecteur des métaux.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la représentation matricielle des équations de Maxwell.* Note de M. **Jacques Baudot.**

Les quatre équations vectorielles de Maxwell, pour le vide et en l'absence de charges, peuvent être converties en une seule équation d'onde matricielle, en utilisant le tenseur électromagnétique réel $F_{\mu\nu}$ ($F_{\mu\mu} \equiv 0$, $F_{ij} = H_k$, $F_{i4} = E_i$),

(1) $$\left[\frac{1}{c}\partial_t - \partial_i \mathfrak{A}_i\right] \overset{\ddagger}{F} = 0.$$

Les $\mathfrak{A}_i$ sont des matrices à 4 indices, réelles, et l'on a ainsi 16 équations dont 8 seulement sont distinctes.

On obtient trois matrices réelles, symétriques donc hermitiques ne comportant que deux éléments $\pm 1/2$ par ligne ou par colonne telles que

$$\mathfrak{A}_{\mu\nu,\rho\sigma} = \mathfrak{A}_{\rho\sigma,\mu\nu} = -\mathfrak{A}_{\nu\mu,\rho\sigma}.$$

Les divergences des champs sont données

$$\text{div}\,E \text{ par } \rho\sigma = 11 \text{ ou } 44, \qquad \text{div}\,H \text{ par } \rho\sigma = 22 \text{ ou } 33.$$

Nous conviendrons toujours d'ailleurs de considérer 4,4 comme symétrique de 1,1 et 3,3 de 2,2.

1° *Propriétés de ces matrices.* — Elles anticommutent entre elles et l'on vérifie aisément les trois propriétés remarquables,

$$\mathfrak{A}_i^3 = \mathfrak{A}_i, \qquad \mathfrak{A}_i^2 \mathfrak{A}_j = \mathfrak{A}_j \mathfrak{A}_i^2 = \mathfrak{A}_j, \qquad \mathfrak{A}_i \mathfrak{A}_j + \mathfrak{A}_j \mathfrak{A}_i = 0.$$

C'est là le deuxième groupe de relations caractéristiques distingué par G. Petiau dans sa thèse sur le corpuscule de masse propre évanouissante [1].

Dans une Note sur le sujet qui nous occupe, G. Petiau avait trouvé les relations du premier groupe [2].

D'ailleurs les équations de condition restaient distinctes de ses équations d'ondes.

La matrice unité que l'on peut faire figurer devant $(1/c)\partial_t$ n'appartient pas au groupe ci-dessus, car elle commute. Nous l'appellerons

$$\gamma_1 = \|1\| = \delta_{\mu\nu,\rho\sigma} = \delta_{\mu\rho}\,\delta_{\nu\sigma}.$$

En établissant les formules fondamentales ci-dessus nous rencontrons la matrice $(\mathfrak{A}_i)^2$, indépendante de i, qui, dans le système des matrices $\mathfrak{A}_i$, joue le rôle d'unité. Soit $\gamma_2 = (\mathfrak{A}_i)^2$. On a $\gamma_2 = (1/2)(1 + \gamma_3)$, γ_3 jouant également le rôle d'unité. Explicitement

$$(\gamma_3)_{\mu\nu,\rho\sigma} = -\delta_{\mu\nu,\sigma\rho} = -\delta_{\mu\sigma}\,\delta_{\nu\rho}.$$

(1) G. Petiau, *Thèse*, Paris, 1936, p. 12.

(2) G. Petiau, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1710.

Les γ satisfont à

$$(\gamma_2)^2 = \gamma_2, \qquad (\gamma_3)^2 = 1 = \gamma_1,$$
$$\gamma_1\gamma_2 = \gamma_2, \qquad \gamma_1\gamma_3 = \gamma_3, \qquad \gamma_2\gamma_3 = \gamma_2 \quad (^3).$$

2° *Propagation du champ.* — Si

$$\mathrm{H} = \mathcal{A}_i\,\partial_i, \qquad \mathrm{H}^2 = \mathcal{A}_i^2\,\partial_{ii}^2 = \gamma_2\,\Delta, \qquad \mathrm{H}^3 = \mathrm{H}\,\Delta \quad (^2).$$

Ainsi

$$(\partial_4 - \mathrm{H})(\partial_4 + \mathrm{H}) = \partial_{44}^2 - \gamma_2\,\Delta.$$

Ce qui ne diffère pas de $\square\overset{\rightleftarrows}{\mathrm{F}}$, car γ_2 conserve également F.

3° *Transformation de l'opérateur d'évolution.* — L'opérateur $\mathrm{S} = (1/c)\partial_t - \mathrm{H}$ est hermitique, mais la quatrième matrice commute avec les trois autres. Elle peut d'ailleurs être indifféremment γ_1, γ_2 ou γ_3. Soit γ non précisée. Prenons alors la variable relativiste $x_4 = ict$.

L'opérateur d'évolution devient $\mathrm{S} = (\gamma\partial_4 + i\mathcal{A}_j\partial_j)$. Il n'est plus hermitique.

Nous rétablirons l'hermiticité en multipliant à gauche par une matrice $\mathcal{A}_0$, commutant avec γ, anticommutant avec les $\mathcal{A}_j$, ce qui suffit à assurer l'anticommutation de tous les B_μ. Cherchons à quelles conditions les B_μ satisferont le même groupe de relations que les $\mathcal{A}_i$. On trouve aisément

$$\mathcal{A}_0^2\mathcal{A}_i = \mathcal{A}_0\mathcal{A}_i; \qquad \mathcal{A}_0^2\gamma = \mathcal{A}_0\gamma; \qquad \mathcal{A}_0^2\gamma_2 = \mathcal{A}_0\gamma.$$

Sans examiner plus loin la discussion des cas possibles, nous allons indiquer une matrice de même structure que les $\mathcal{A}_i$, qui résout la question.

En fait c'est la matrice qui fait passer de $\mathrm{F}_{\mu\nu}$ à $\mathrm{F}^{\mu\nu}$, ce qui peut se comprendre aisément sur l'équation

$$\mathcal{A}_0\left[-\gamma\frac{1}{c}\partial_t + \mathcal{A}_j\partial_j\right]\mathrm{F}_{\mu\nu} \equiv \left[-\gamma\frac{1}{c}\partial_t - \mathcal{A}_j\partial_j\right](\mathcal{A}_0\mathrm{F}_{\mu\nu}) = 0.$$

Si l'on se reporte à la forme de $\mathrm{F}_{\mu\nu}$ et $\mathrm{F}^{\mu\nu}$, on voit d'après le changement de signe de l'opérateur H que $\mathcal{A}_0\mathrm{F}_{\mu\nu} = \mathrm{F}^{\mu\nu}$. On obtient donc en définitive

$$\mathrm{B}_\mu\partial_\mu\mathrm{F} = 0, \tag{2}$$

où

$$\mathrm{B}_\nu^3 = \mathrm{B}_\nu \qquad\qquad \mathrm{B}_l = i\mathcal{A}_0\mathcal{A}_l,$$
$$\mathrm{B}_\nu^2\,\mathrm{B}_\mu = \mathrm{B}_\mu\,\mathrm{B}_\mu^2 = \mathrm{B}_\mu \qquad \text{avec} \qquad \mathrm{B}_4 = \gamma\mathcal{A}_0 = \mathcal{A}_0,$$
$$\mathrm{B}_\nu\mathrm{B}_\mu + \mathrm{B}_\mu\mathrm{B}_\nu = 0,$$
$$\mathrm{B}_\nu^2 = \gamma_2, \qquad \gamma\,\mathrm{B}_\nu = \mathrm{B}_\nu.$$

Maintenant l'opérateur $\mathrm{S} = \mathrm{B}_\mu\partial_\mu$, hermitique, permet d'obtenir le Dalembertien par simple itération

$$\mathrm{S}^2 = \gamma_2\,\square, \qquad \mathrm{S}^3 \equiv \mathrm{S}\,\square.$$

---

(3) On a $\gamma_2\mathrm{A} = \gamma_3\mathrm{A} \rightleftarrows \gamma_2\mathrm{A} = \mathrm{A}^* \rightleftarrows \gamma_3\mathrm{A} = \mathrm{A}$.

C'est cette dernière identité que G. Petiau a placée à la base de sa théorie du corpuscule de masse évanouissante.

Cette propriété appartient d'ailleurs à l'opérateur rotationnel.

4° *Propagation des potentiels.* — Si dans (1) on introduit l'expression du champ en fonction du potentiel $F_{\mu\nu} = [\partial_\mu, \varphi_\nu]$, les équations ($\mu$, 4) seules non identiquement nulles donnent

$$\Box \varphi_\mu + \partial_\mu \left(\partial_i \varphi_i - \frac{1}{c} \partial_t \varphi_4 \right) = 0$$

qui, dans l'hypothèse de Lorentz, se réduisent à $\Box \varphi_\mu = 0$.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'aberration d'ellipticité des lentilles électrostatiques.* Note (¹) de MM. FRANÇOIS F. BERTEIN et ÉDOUARD REGENSTREIF, présentée par M. Camille Gutton.

Calcul de l'aberration. — Nous allons déterminer l'aberration optique créée par les imperfections de forme, c'est-à-dire essentiellement par l'ellipticité des lentilles électrostatiques (²). Si l'on tient compte de ce défaut, la répartition de potentiel au voisinage de l'axe Oz et limitée au 2ᵉ ordre, est de la forme, en posant $s = re^{i\theta}$,

$$\Phi(rz\theta) = \Phi_0 - \frac{1}{4}\Phi_0'' s\bar{s} + \frac{1}{2}(\Psi_2 s^2 + \overline{\Psi}_2 \bar{s}^2)$$

(Φ_0, Ψ_2 fonctions de z respectivement réelle et complexe).

L'ellipticité est responsable du dernier terme. L'équation différentielle des trajectoires $s(z)$ s'en déduit par un calcul analogue à celui des systèmes rigoureusement de révolution

$$\Phi_0 s'' + \frac{\Phi_0'}{2} s' + \frac{\Phi_0''}{4} s - \overline{\Psi}_2 \bar{s} = 0. \qquad (1)$$

Soit un point objet sur l'axe, d'abscisse z_1, envoyant un faisceau étroit de demi-angle α; le faisceau émergeant s'appuie sur deux focales rectangulaires situées sur Oz. Dans le cas particulier où le défaut présente deux plans de symétrie se coupant sur cet axe (sections elliptiques de même orientation), les focales se trouvent respectivement dans chacun de ces plans.

La méthode classique de variation des constantes appliquée au terme correctif $-\overline{\Psi}_2\bar{s}$ permet d'obtenir la figure d'aberration dans le plan d'abscisse z_2, conjugué de z_1 dans le système idéal : cette figure est un cercle; c'est donc la tache de moindre diffusion.

Nous donnerons l'expression du rayon ρ du conjugué de ce cercle dans

---

(¹) Séance du 3 mars 1947.

(²) F. BERTEIN, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 106; 224, 1947, p. 560.

l'espace objet : c'est là *la limite de résolution imposée par l'ellipticité*

$$\rho = \alpha \left| [\Phi_0(z_1)]^{-\frac{1}{2}} \int_{z_1}^{z_2} [\Phi_0(z)]^{-\frac{1}{2}} \overline{\Psi}_2(z) [T(z)]^2 \, dz \right|. \tag{2}$$

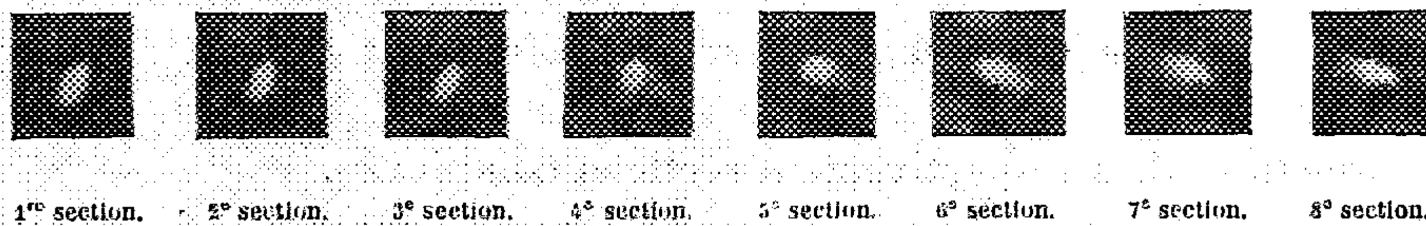
$T(z)$ désigne ici la trajectoire de Gauss du système centré idéal, issue du point objet sous l'inclinaison $\pi/4$.

Nous pourrons évaluer ρ en fonction du défaut géométrique lui-même. Prenons le type de lentilles déjà envisagé ([3]) et fonctionnant comme objectif de microscope, l'ellipticité portant sur la pièce centrale : on connaît d'une part $\Phi_0(z)$ et $T(z)$, d'autre part $\Psi_2(z)$ en fonction de δ_{max} (1), d'où par substitution dans (2)

$$\rho = 5\,\delta_{max}\,\alpha.$$

Si l'on remarque que la différence des deux axes de l'ellipse de gorge est $\Delta a = 4\delta_{max}$, on peut écrire, les évaluations n'étant qu'approchées (1), $\rho = \Delta a.\alpha$.

Δa *définit la constante de l'aberration d'ellipticité*. Cette relation est valable, non pour une seule lentille, mais pour toute la famille des lentilles qui lui sont homothétiques. De façon générale, toute famille de ce genre donnerait $\rho = K\Delta a\alpha$, K gardant la même valeur pour tous les échantillons.



1re section. 2e section. 3e section. 4e section. 5e section. 6e section. 7e section. 8e section.

Alors que les aberrations dites géométriques des systèmes centrés sont du troisième ordre, on notera que celle *d'ellipticité est du deuxième ordre*, d'où son importance pratique.

Vérification expérimentale. — L'existence de l'aberration d'ellipticité se trouve confirmée par des apparences de *flou orienté*, observées par P. Grivet sur des clichés agrandis provenant d'un microscope électronique insuffisamment diaphragmé. Suivant ce phénomène, les lignes présentant une certaine direction offrent une netteté maximum et si l'on fait varier la mise au point de façon à franchir le plan de visée optimum, cette direction se modifie de 90°. C'est là l'indice de l'ellipticité des faisceaux ; les deux directions constatées sont celles des deux focales, indépendantes de la position du point objet dans son plan.

A l'aide d'un objet convenable, nous avons pu obtenir une image formée de petites taches lumineuses sur fond noir, ce qui correspond pratiquement à des faisceaux électroniques homocentriques isolés. Les clichés représentent des

([3]) H. Bruck, *Cahiers de Physique*, 24, 1944, p. 15 (lentille VIII).

sections successives d'un tel faisceau. Des mesures de ces sections on peut déduire le rayon du cercle de moindre diffusion relatif à l'ellipticité : on y parvient à l'aide de constructions géométriques simples fondées sur le fait que les systèmes à plan de symétrie font appel à des considérations d'optique de Gauss ([4]).

Nous avons pu déterminer ainsi la valeur de la limite de résolution imposée par l'ellipticité : $\rho \# 6\,\mathrm{m}\mu$ pour l'ouverture $\alpha = 10^{-3}$, d'où il résulte que dans le cas envisagé l'on avait $\Delta a \# 6\,\mu$. Ces considérations supposent que l'aberration d'ellipticité du microscope est due uniquement à la pièce centrale de son objectif; une inspection plus détaillée montrerait que ce dernier en fournit effectivement la partie principale. L'ordre de grandeur obtenu indique d'autre part qu'il y a lieu *de faire figurer cette aberration au même titre que les autres dans les discussions concernant le pouvoir séparateur.*

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Les particules légères accompagnant la désintégration* β. Note ([1]) de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

J'ai avancé l'hypothèse de l'existence de particules subélectroniques ([2]) comme étant la seule qui semblait devoir expliquer certaines concentrations énergétiques photographiées dans de multiples conditions (2000 clichés) : voici des précisions supplémentaires.

1. Pour déceler des porteurs d'énergie de masse nécessairement petite vis-à-vis de celle de l'électron, j'ai recherché une méthode susceptible de mettre en évidence un éventuel moment magnétique de ceux-ci, tout en évitant les objections que le principe d'incertitude impose à toute mesure directe de moment dans une expérience de type Stern-Gerlach; il sera donc indiqué de s'adresser à l'énergie que peut présenter une particule douée de moment magnétique en présence d'un champ non homogène. On fixe ainsi, pour une topographie déterminée du champ magnétique, un niveau d'énergie magnétique qui constituera pour la particule une zone de stabilisation. Le domaine du champ est alors comparable à un milieu dispersif à indice très rapidement variable pour les ondes particulaires, en sorte que les particules auront tendance à glisser et à se concentrer le long des surfaces où l'indice se rapproche de l'unité. En recherchant les sections planes de ces surfaces par des films photographiques, on doit déceler ces concentrations.

2. En fait les arcs et les lignes des deux types que j'ai mentionnés ([2]), dont

---

([4]) M. Cotte, *Recherches sur l'Optique électronique,* Thèse, 1938.

([1]) Séance du 17 février 1947.

([2]) *Comptes rendus,* **223**, 1946, p. 984.

on trouvera ici quelques reproductions, manifestent bien les caractéristiques voulues. Susceptibles de présenter une grande finesse (*fig.* 4 et 5), alors même que la valeur du champ décroît, ils possèdent cependant une forte pénétration dans les écrans matériels. Cette pénétration croît avec l'intensité du champ et peut dépasser largement la limite acceptable pour les rayons β les plus durs (*fig.* 1 et 2; en 2, écran aluminium de 1,25 g/cm²; on notera l'effet de diffusion dans l'épaisseur de l'écran).

3. Une modification appropriée du champ magnétique m'a permis d'obtenir le résultat curieux de la figure 6 : la séparation en quatre raies indiquerait que plusieurs valeurs discrètes du moment magnétique seraient possibles. L'écartement des raies conduirait à prévoir l'existence de masses m_0 multiples, plutôt qu'une pluralité de valeurs du spin.

4. Le dessin 3, enfin, correspond à une figure d'interférences obtenue dans des conditions un peu différentes de celles reproduites dans la Note antérieure ([2]) : elle conduirait à attribuer au moment magnétique une valeur plus petite que celle indiquée ([2]), quoique encore très supérieure au magnéton de Bohr.

5. Dans des expériences totalement différentes, une direction déterminée de vitesse initiale est imposée au rayonnement au moyen de canaliseurs : on obtient alors des enroulements de trajectoire anormaux, montrant que les particules sont susceptibles de gagner ou de perdre de l'énergie en traversant les zones à gradient intense. Par ailleurs la particule paraît subir une perte d'énergie appréciable par unité de longueur de parcours, perte due sans doute à un rayonnement particulaire qui n'est plus négligeable comme dans le cas de l'électron.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les anneaux doubles du phosphate de baryum.* Note ([1]) de M^lle **Suzanne Veil**, présentée par M. Charles Mauguin.

Les anneaux multiples, signalés ([2]) à propos de la précipitation du chromate d'argent au sein de la gélatine, ne constituent pas un exemple isolé. Notamment les présentes études, sur la précipitation du phosphate de baryum, ont conduit à l'observation d'anneaux doubles.

L'apposition de chlorure de baryum sur de la gélatine imprégnée de phosphate disodique donne lieu, dans des circonstances appropriées, à une succession d'anneaux doubles, tels que ceux reproduits (voir figure). Au microscope, les deux composants de chaque anneau double se révèlent très analogues, résolubles en cristaux accumulés.

([1]) Séance du 3 mars 1947.

([2]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 84; **224**, 1947, p. 113.

Fig. 1.

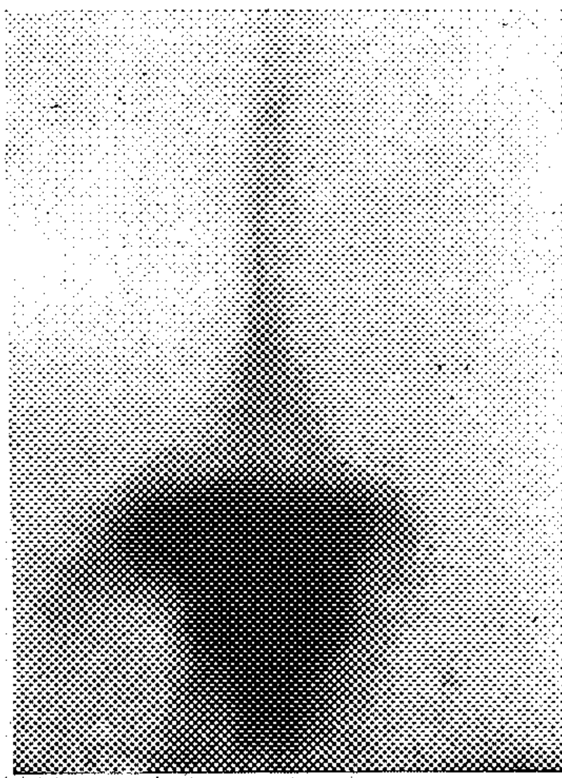


Fig. 2.

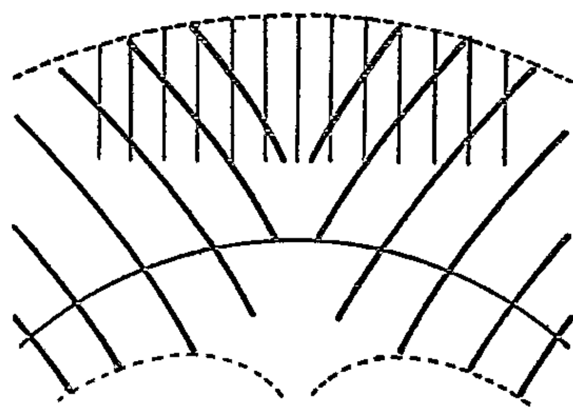


Fig. 3.

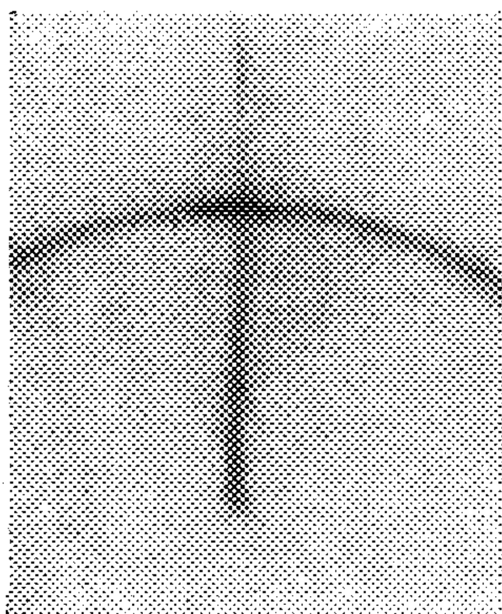


Fig. 4.

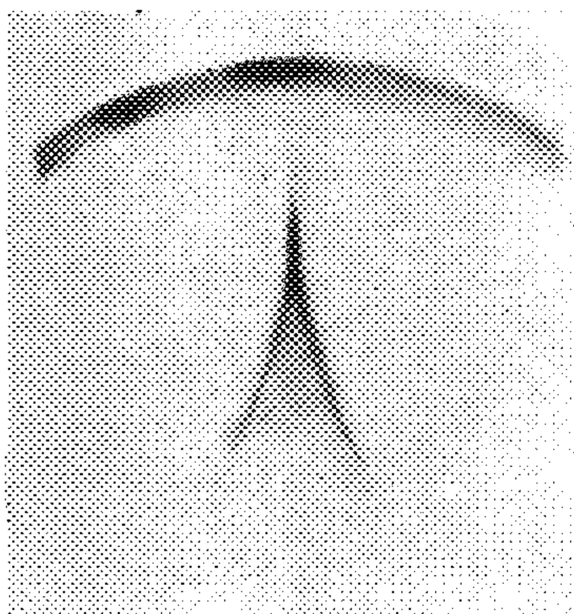


Fig. 5.

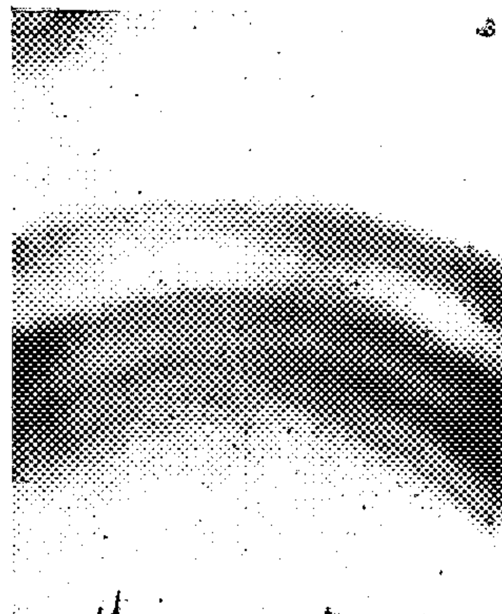


Fig. 6.

Dans des conditions opératoires moins restreintes, le composant interne des anneaux doubles conserve seul son aspect cristallin, tandis que son compagnon a emprunté une apparence laiteuse.

Anneaux doubles du phosphate de baryum.

Si l'on s'éloigne encore plus des conditions optima, les anneaux devenus laiteux finissent par s'évanouir. La rythmicité, désormais, se manifeste simple. Puis les anneaux qui subsistent perdent à leur tour leur aspect cristallin, jusqu'à ce qu'enfin toute rythmicité ait cessé d'être perceptible.

Précisément, comme pour le chromate d'argent, les présentes expériences sur le phosphate de baryum suggèrent que dans un seul et même précipité, une phase cristalline est susceptible de s'accompagner d'une phase précristalline. Les phases sont localisables dans des rythmicités distinctes : rythmicités non indépendantes cependant, la seconde constituant une sorte de satellite ou d'harmonique de la première.

Des conclusions du même ordre ont été dégagées, par ailleurs, de l'observation de rythmicités complexes encore que différentes, dans des études parallèles sur le pyrophosphate et sur le carbonate de baryum.

Les discriminations de phases, dans les gels en couche mince, sont évidemment facilitées dans une large mesure, lorsque la rythmicité des processus permet aux formations coexistantes de se répartir, en plages séparées, dans les lacunes les unes des autres.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cémentation de certains alliages sidérurgiques par le glucinium.* Note de M. JOSEPH LAISSUS, présentée par M. Pierre Chevenard.

Poursuivant mes travaux sur la cémentation du fer, des aciers au carbone et du nickel par le glucinium (¹), j'ai étudié par les mêmes techniques la diffusion de cet élément dans certains produits sidérurgiques. La présente Note concerne les résultats obtenus sur l'acier inoxydable à 13 % Cr et sur l'austénite à 18 % Cr et 8 % Ni.

1° *Mécanisme de la diffusion.* — D'une manière générale, la diffusion du glucinium dans ces deux alliages s'effectue d'après le même mécanisme. On constate la formation successive de cinq zones.

1° Zone de solution solide;
2° Zone hypoeutectoïde;
3° Zone eutectoïde (solution solide et combinaison);
4° Zone hypereutectoïde;
5° Zone de combinaison.

Ces résultats sont analogues à ceux qui ont été précédemment observés dans la cémentation du nickel par le glucinium.

2° *Influence de la température et du temps de cémentation.* — Le tableau ci-dessous résume les principales constatations relatives à l'influence de la température et de la durée de cémentation. Il faut noter que les épaisseurs de cémentation sont beaucoup plus faibles dans l'acier à 13 % Cr que dans l'austénite 18/8.

Épaisseurs moyennes en millimètres des zones cémentées obtenues par diffusion du glucinium dans un acier à 13 % Cr et dans une austénite 18/8, pour différentes durées d'opération et pour différentes températures.

Température de chauffage.	2 h. 30 min.		5 h.		10 h.	
	Inoxydable 13 % Cr.	Austénite 18/8.	Inoxydable 13 % Cr.	Austénite 18/8.	Inoxydable 13 % Cr.	Austénite 18/8.
800°	0,02	0,05	0,035	0,10	0,04	0,13
900	0,04	0,20	0,10	0,30	0,13	0,43
1000	0,17	0,33	0,27	0,45	0,37	0,67
1100	0,22	0,42	0,32	0,59	0,43	0,83

3° *Dureté superficielle des échantillons cémentés.* — La cémentation par le glucinium peut conférer aux alliages étudiés des duretés superficielles très importantes, résultat en relation certaine avec l'aptitude au durcissement structural des alliages ferritiques ou austénitiques contenant cet élément. La dureté Brinell initiale, qui est voisine de 195 kg/mm² pour

(¹) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1408, et 204, 1937, p. 1732.

les deux alliages non traités, s'élève à 642 kg/mm² pour l'acier à 13 % Cr, cémenté à 1000° pendant 10 heures, et à 772 kg/mm² pour l'austénite 18/8, cémenté à 1100° pendant le même temps. Les chiffres du tableau ci-dessous montrent l'augmentation de la dureté superficielle au fur et à mesure qu'on fait croître la température de cémentation.

Dureté Brinell-Vickers en kg/mm² *obtenue par diffusion du glucinium dans un acier à* 13 % Cr *et dans un austénite* 18/8.

(Durée de cémentation : 10 h.)

	Force imprimant la pyramide de diamant					
	10kg		30kg		50kg	
Température de cémentation.	Inoxydable 13 % Cr.	Austénite 18/8.	Inoxydable 13 % Cr.	Austénite 18/8.	Inoxydable 13 % Cr.	Austénite 18/8.
Témoin non cémenté.	–	–	–	–	198	195
600°	232	184	198	182	198	180,5
900	290	334	239	236	221	213
1000	642	474	472	337	421	263
1100	599	772	579	530	511	403
1150	573	690	578	692	577	688

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur les conditions d'équilibre des électrodes à sulfates insolubles.* Note (¹) de Mlle **Marguerite Quintin**, présentée par M. Paul Pascal.

L'activité des ions SO_4^{--} en solution aqueuse peut être déterminée à partir du potentiel d'une électrode à sulfate insoluble, par exemple SO_4Hg_2 ou SO_4Pb. Mais l'équilibre de ces sels avec l'ion SO_4^{--} peut être affecté par la présence des autres ions de la solution, en particulier des ions H^+ ou OH^-. Il est donc nécessaire de préciser les conditions dans lesquelles ces électrodes conduisent à un résultat sûr.

Dans l'acide sulfurique (²), ou un sulfate acide (³), l'électrode Hg/SO_4Hg_2, à l'air ou sous azote, donne un potentiel parfaitement stable et reproductible. Il n'en est plus de même dans une solution alcaline; quelles que soient les précautions prises, le potentiel varie constamment en fonction du temps sans jamais atteindre une valeur d'équilibre. Ce fait s'explique, car en solution aqueuse, le sulfate mercureux est fortement hydrolysé suivant

$$SO_4Hg_2 + H_2O \rightleftharpoons SO_4Hg_2,\ Hg_2O,\ H_2O + SO_4H_2$$

(¹) Séance du 3 mars 1947.

(²) Randall et Langford, *S. Am. Chem. Soc.*, **49**, 1927, p. 1445.

(³) Getmann, *J. Phys. Chem.*, **32**, 1928 p. 91; M. Quintin, *Comptes rendus*, **196**, 1933, pp. 473 et 538.

Par conséquent, toute augmentation de la concentration en ions OH^- entraînera un déplacement de l'équilibre, donc une variation du potentiel de l'électrode.

D'autre part, si l'on acidifie une solution d'un sulfate neutre avec de l'acide chlorhydrique, le potentiel de l'électrode Hg/SO_4Hg_2 augmente régulièrement avec la teneur en acide; ceci est dû, non à la variation du pH, mais à la présence des ions Cl^-. Les nombres ci-dessous donnent les valeurs à 17°C. du potentiel $Hg/SO_4Hg_2/(SO_4K_2 + SO_4H_2)$ 0,1 M + KCl C.

C (mol : gr/l).	E (10^{-4} V).	$E'_0(SO_4)$ (10^{-4} V).	$(E'_0(Cl)$ (10^{-4} V).
0,00	−6690	−6410	−
0,04	−6670	−6390	−5886
0,05	−6665	−6385	−5898
0,06	−6660	−6380	−5976
0,08	−6650	−6370	−6034
0,10	−6642	−6362	−6082

Si le potentiel mesuré était relatif aux ions SO_4^{--}, seul leur coefficient d'activité étant différent d'une solution à l'autre, les variations enregistrées devraient être dans le sens de la variation de la force ionique μ. Or, elles sont en sens inverse. Mais le chlorure mercureux étant plus insoluble que le sulfate, il est logique de penser que l'électrode est en équilibre non avec les ions SO_4^{--} mais avec les ions Cl. On doit alors avoir

$$E = E_0^{(Cl)} - \frac{RT}{F}\log C f_{Cl} \quad \text{et non} \quad E = E_0^{(SO_4)} + \frac{RT}{2F}\log 0,1\, f_{SO_4}$$

ou

$$E_0'^{(Cl)} = E - \frac{RT}{F}\log C \quad \text{et non} \quad E_0'^{(SO_4)} = E - \frac{RT}{2F}\log 0,1.$$

Si l'on construit la courbe $E_0'^{(Cl)}$ en fonction de $\sqrt{\mu}$, on voit que le sens de la variation est bien celui prévu, et l'extrapolation de $E_0'^{(Cl)}$ pour $\mu = 0$ donne une valeur comprise entre les potentiels normaux $Hg/SO_4Hg_2/SO_4^{--}$ et $Hg/Hg_2Cl_2/Cl^-$.

Par contre on obtient un potentiel constant en substituant NO_3K à KCl.

Par conséquent, l'électrode Hg/SO_4Hg_2 est inutilisable en milieu alcalin, aussi bien qu'en milieu chlorhydrique.

J'ai cherché si l'électrode amalgame de Pb/SO_4Pb pourrait alors la remplacer. Pour cela j'ai utilisé des solutions de SO_4NaH de concentration constant en SO_4^{--} et dont on faisait varier le pH par addition de KOH. Les potentiels à 22° de Pb — Hg (6 %)/SO_4NaH (0,1 M) + nKOH mesurés sous azote sont donnés ci-dessous.

pH.	E (10^{-4} V.).	pH.	E (10^{-4} V.).
1,36	2950	4,24	2967
2,42	2961	5,78	2965
2,90	2965	9,82	2962
3,30	2960		

On voit que, sauf pour la solution la plus acide, le potentiel ne varie pas dans de très larges limites de pH ($2 < pH < 10$). Lewis a d'ailleurs déjà indiqué que l'électrode Hg-Pb/SO_4Pb n'était pas stable en milieu très acide. Signalons, en outre, que cette électrode est très sensible à des traces d'oxygène; elle présente plusieurs millivolts d'écart entre une mesure faite à l'air ou sous azote.

En résumé, l'activité des ions SO_4^{--} en solution aqueuse peut être déterminée à l'aide d'une électrode Hg/SO_4Hg_2 si la solution est acide et ne contient pas d'ions Cl^-, ou à l'aide de l'électrode Pb-Hg/SOPb si la solution est alcaline, neutre, ou acide de $pH > 2$.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur l'orientation du quartz dans quelques roches métamorphiques des environs de Rochechouart (Haute-Vienne). Application de la méthode de Bruno Sander-Walter Schmidt.* Note [1] de M. FRANÇOIS KRAUT.

J'ai commencé en 1939 l'étude des assemblages structuraux des roches éruptives et métamorphiques de la bordure Ouest du Massif Central en vue d'introduire en France la méthode statistique de Bruno Sander et de Walter Schmidt. Après une longue interruption due à la guerre et à ma captivité, j'ai pu reprendre récemment ces travaux dont on trouvera ici quelques résultats préliminaires.

Dans les roches soumises à une déformation post-cristalline, les éléments exécutent un mouvement conjugué de glissement et de rotation, tant que le frottement intergranulaire est inférieur au module d'élasticité [2]. Lorsque cette limite est dépassée, les grains subissent une déformation, des plans de glissement propres au réseau tendant à s'orienter dans la surface de cisaillement. Dans le quartz, ces translations s'effectuent suivant des plans qui contiennent tous l'axe cristallographique [3]. En déterminant la position des axes optiques du minéral, on obtient des renseignements fort intéressants sur l'histoire mécanique du milieu qui l'englobe

Les roches étudiées dans cette Note sont des plagioclasites quartziques à microcline et micas. Elles renferment du grenat. Direction et pendages ont été repérés sur les échantillons, ce qui permet de replacer les spécimens ainsi que les plaques minces dans la position qu'ils occupaient dans l'affleurement.

L'échantillon n° 1 provient de la Forge de Saillat, au bord de la Gorre (NE de Rochechouart); l'échantillon n° 2 du Moulin du Breuil, à 1^{km} au SE du précédent; le n° 3 a été recueilli 10^{km} plus au S, à la Guimaudie.

---

(1) Séance du 3 mars 1947.

(2) BRUNO SANDER, *Gefügekunde der Gesteine*, Vienne, 1930.

(3) H. W. FAIRBAIRN, *Structural Petrology* (Revision of "Introduction to Petrofabric Analysis", 1935). Kingston, Canada, 1937.

Les diagrammes 1 et 3 représentent les positions des axes de 250 à 300 cris-

Diagramme 1.

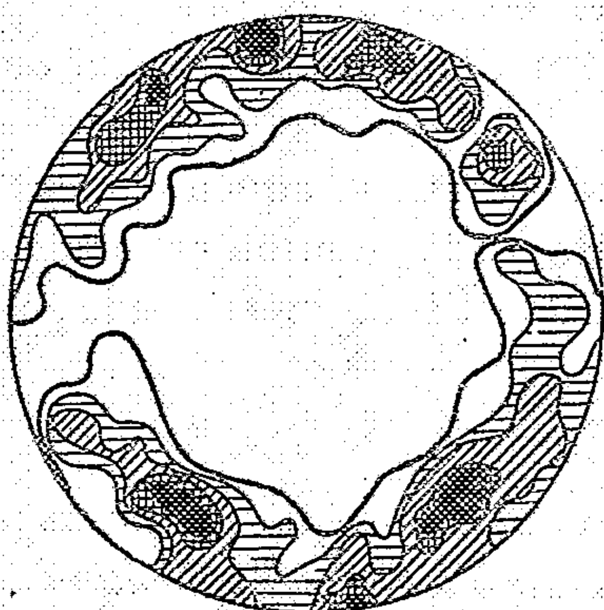
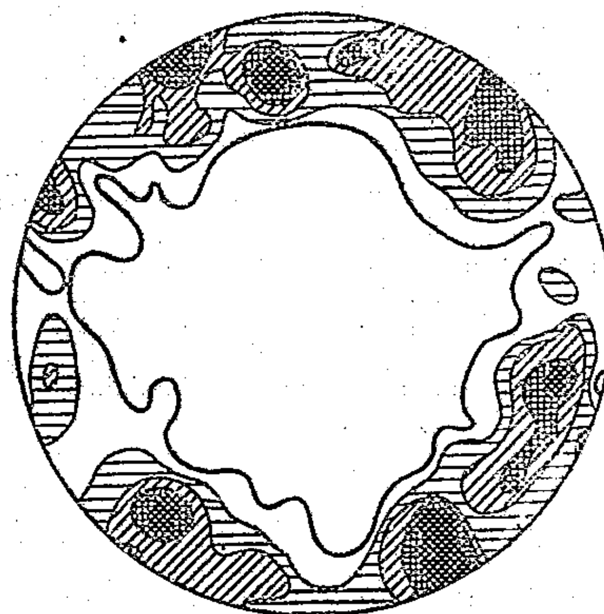
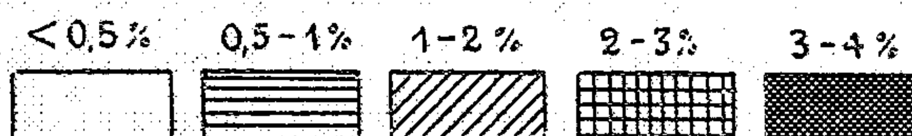


Diagramme 2.



Concentration des pôles des diagrammes 1 à 3.



Aucun pôle ne se place à l'intérieur des surfaces limitées par les courbes fortes.

taux de quartz (déterminés à l'aide de la platine de Fédoroff) dans la

Diagramme 3.

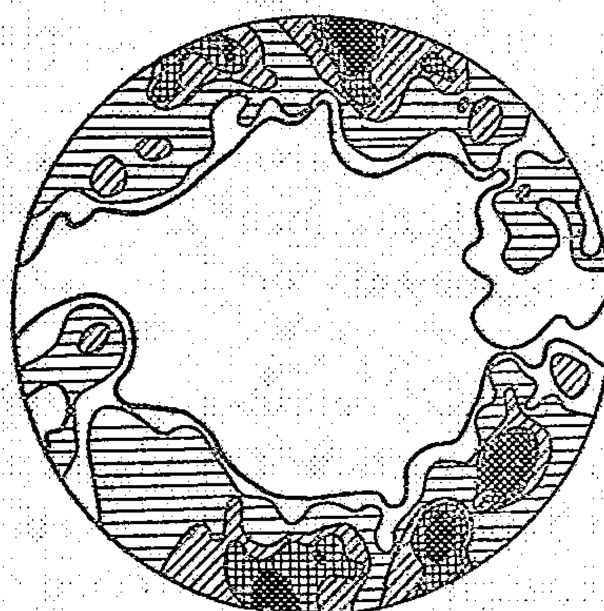
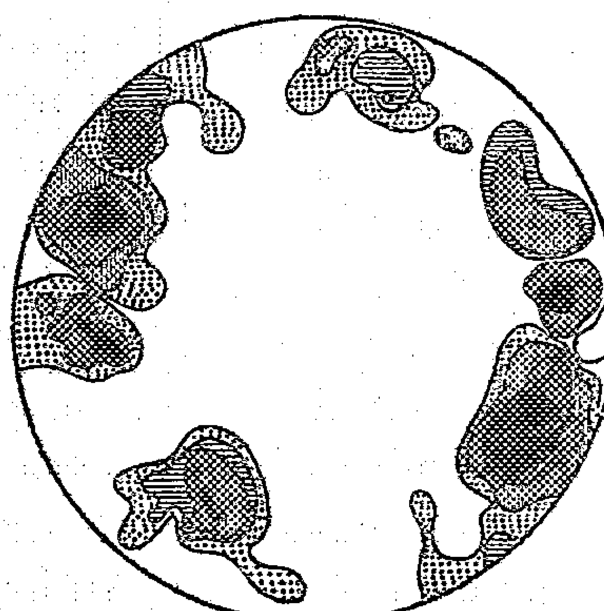
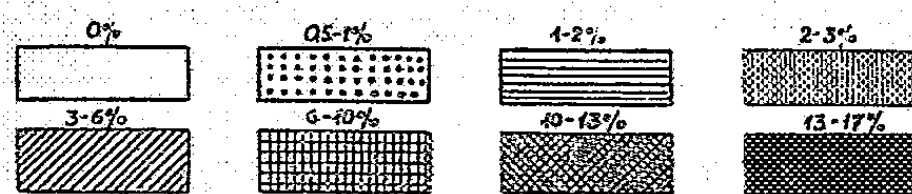


Diagramme 4.



Concentration des pôles du diagramme 4.



projection conforme de Schmidt. Les courbes délimitent des aires à l'intérieur

desquelles chaque centième de la surface du canevas renferme le même nombre de pôles d'axes. La répartition de ces pôles est indiquée en pour cent.

Les axes sont concentrés dans une zone limitée de part et d'autre du plan équatorial de la sphère de référence; les maxima se situent à proximité du grand cercle horizontal. Nous avons affaire à des *tectonites à ceinture* ou *tectonites*-B de Sander. On remarquera l'allure très voisine des courbes dans les diagrammes 1 et 3, résultant de conditions mécaniques analogues.

Le diagramme 4 représente un échantillon de plagioclasite prélevé sans orientation au pont de la Gorre, sur la route de Rochechouart à Saint-Junien. Le type à ceinture apparaît ici plus accentué que dans les roches précédentes.

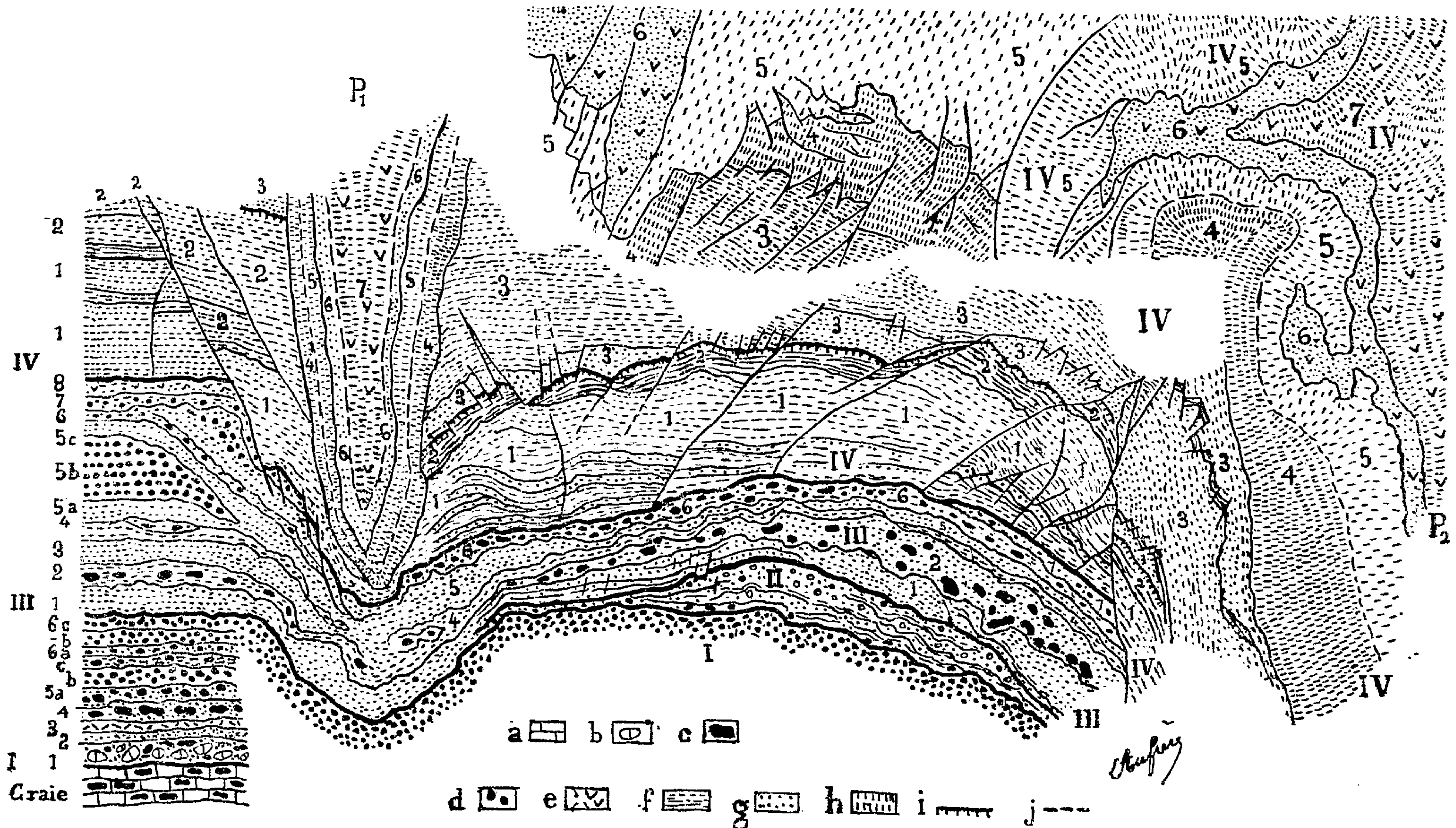
On sait que dans les tectoniques-B, l'axe de la ceinture est presque toujours perpendiculaire aux mouvements tectoniques. Les diagrammes indiquent deux directions de poussée sensiblement perpendiculaires, l'une NE au Breuil et à la Guimaudie, l'autre NW à la Forge. Ajoutons qu'un grand nombre de filons de la région sont orientés suivant ces deux mêmes directions.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *La structure du Quaternaire de la terrasse du Moulin Quignon.* Note de MM. **Henri Breuil**, **Léon Aufrère** et Mme **Alice Bowler-Kelley**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

En juillet-août 1939, nous avons continué les fouilles commencées l'année précédente et nous avons rouvert la carrière Léon où d'Ault du Mesnil avait signalé une faune à *Elephas meridionalis*, *Rhinoceros etruscus*, *Machairodus latidens*, associée à cette vieille industrie qui, stratigraphiquement et typologiquement, peut servir à définir l'*Abbevillien* de M. l'abbé Breuil ou *Préchelléen* de Commont. Nos observations nous ont permis d'apporter quelques éléments nouveaux dans les dispositions du Quaternaire.

Le caractère original de la coupe est dû à la karstification de la Craie. D'Ault du Mesnil et Commont avaient bien signalé des *poches* où s'étaient affaissés et entassés les dépôts quaternaires. En réalité, ce sont des *puits* verticaux et cylindriques d'une profondeur qu'on peut évaluer à plusieurs dizaines de mètres et situés seulement à quelques mètres les uns des autres. Les couches graveleuses de la base y sont descendues à une très grande profondeur, tandis que les couches limoneuses du sommet ont été infléchies jusqu'à la verticale à travers les couches inférieures et la Craie sous-jacente, où elles forment ce que les ouvriers appellent des *pots de terre*.

La coupe ci-jointe a été levée sur deux paliers disposés suivant un angle aigu dont le sommet se trouve du côté droit de la figure. On y voit deux *pots de terre* déterminés l'un et l'autre par un puits creusé dans la Craie. Le plan de la coupe passe à l'extérieur du puits de gauche P_1, et l'on voit seulement l'inflexion marginale des couches inférieures. Il aurait fallu avancer le front de la carrière pour y voir des ruptures comparables



Coupe de la carrière Léon, près d'Abbeville. (Échelle, environ $\frac{1}{50}$).

a, craie en place; *b*, blocs de craie arrondis; *c*, rognons de silex; *d*, galets de silex; *e*, éclats de silex; *f*, argiles sableuses et sables argileux; *g*, sable rouge; *h*, sable rouge limoneux; *i*, ligne violette; *j*, limite indécise (par glissement ou solifluxion).

à celles qui affectent les couches supérieures. Au contraire, le plan de la coupe passe à l'intérieur du puits de droite P_2, et l'on y voit toutes les couches se terminer par des surfaces de fracture. Celles qui étaient au-dessus du puits sont tombées en profondeur. Dans l'intervalle des deux puits, l'appel au vide à déterminé l'écoulement ou l'écroulement des assises quaternaires, selon leur consistance. La série I, la plus ancienne, est faite de graviers et de sables, c'est-à-dire de couches meubles qui se sont infléchies ou étirées. Il en est de même des couches fortement sableuses de la série III. Mais, dans la série II, un peu argilo-calcaire, on voit déjà, dans ses parties les plus résistantes, de petites surfaces de rupture qui vont se perdre dans les couches meubles voisines. Dans la série IV, ces phénomènes prennent beaucoup plus d'ampleur. Les couches y sont plus ou moins compactes suivant leur teneur en argile et les plus résistantes se sont débitées en blocs que l'humidité rendait plus ou moins plastiques et que la compression déformait au cours de leur déplacement. Là aussi, les surfaces de rupture se perdent dans les couches meubles intercalaires. Ces *ruptures de tassement* donnent à la coupe des dispositions qu'il était nécessaire de reconnaître avant d'en établir la stratigraphie que nous détaillerons dans une Note ultérieure.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Hydrophyllacées. Développement de l'embryon chez le* Nemophila insignis *Benth.* Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

Dans une Note récemment parue [1] j'ai établi les lois qui président à l'édification de l'embryon chez une Hydrophyllacée de la tribu des Phacéliées, le *Phacelia tanacetifolia* Benth. Les recherches que je viens d'entreprendre chez un représentant de la tribu des Hydrophyllées, le *Nemophila insignis* Benth., démontrent que, dans cette famille, le mode de développement de l'embryon subit des variations du même ordre que celles qui ont été établies par René Souèges au sujet des Boragacées et des Polémoniacées.

La cellule apicale *ca* du proembryon bicellulaire (*fig.* 1) se divise transversalement pour donner naissance aux éléments d'où dérivent les étages *l* et *l'*; un processus identique fournit les éléments *m* et *ci* à partir de la cellule basale *cb* (*fig.* 2). Dans la tétrade linéaire ainsi obtenue, le cloisonnement transversal de *ci* isole les deux éléments superposés, *n* et *n'* (*fig.* 4).

En *l* et *l'*, des parois verticales cruciales font apparaître deux groupes superposés de quatre octants (*fig.* 4 et 8). Dans les octants qui correspondent à l'étage supérieur *l'*, des cloisons périclines assurent la formation du dermatogène (*fig.* 11 et 12) et, d'autre part, de cellules centrales où une série de segmentations isolera les cellules-mères des cotylédons et les éléments qui participeront à la construction du cône végétatif de la tige. Dans

(1) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 459.

les octants qui correspondent à l'étage inférieur *l'*, le dermatogène apparaît selon un processus semblable (*fig.* 9), puis le périblème et le plérome s'identifient, soit après le premier stade de cloisonnement des cellules centrales (*fig.* 11 et 12, à droite), soit après une

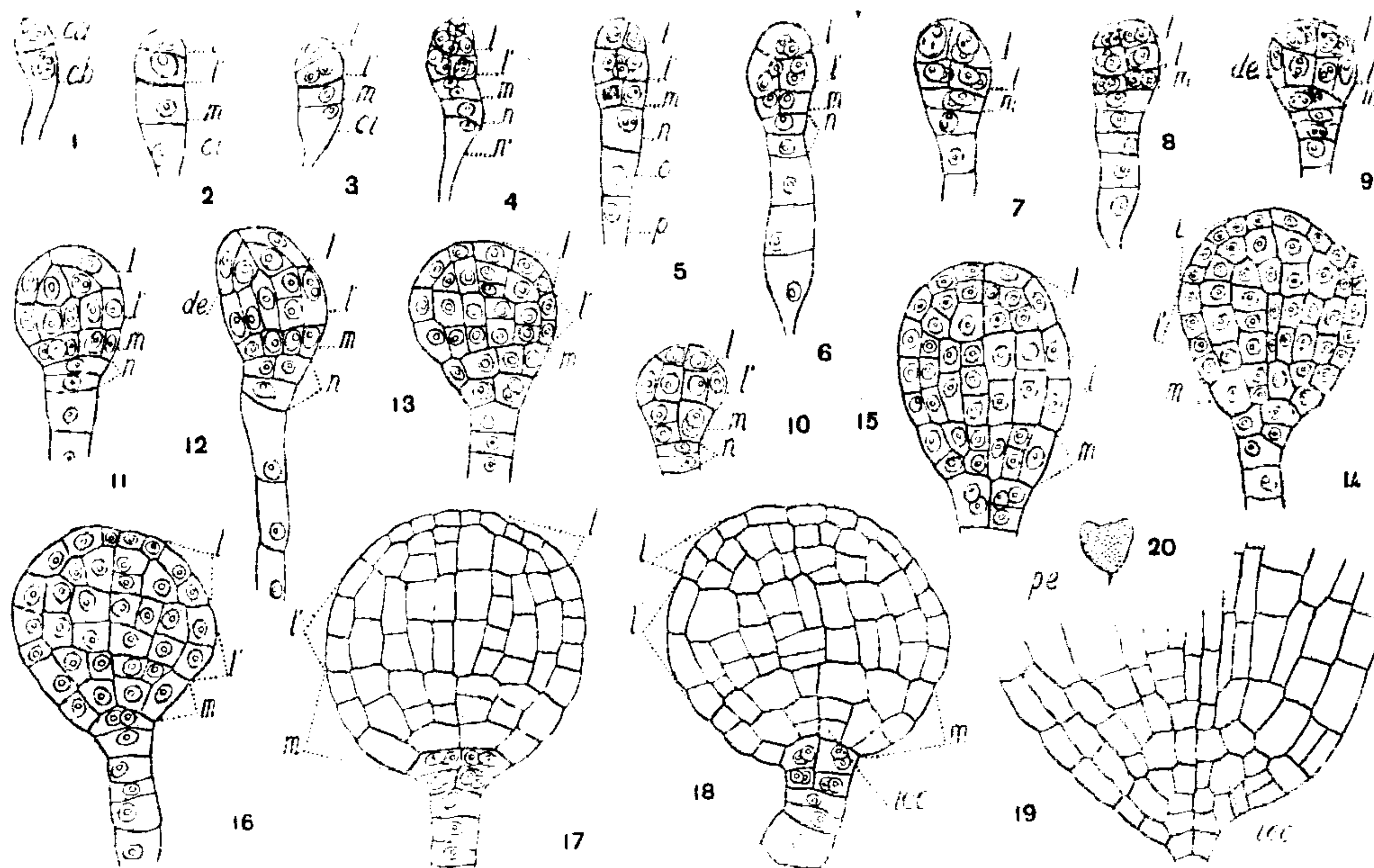


Fig. 1 à 20. — *Nemophila insignis* Benth. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *l*, cellule supérieure de la tétrade ou partie cotylée; *l'*, cellule subterminale de la tétrade ou partie supérieure de l'hypocotyle; *m*, cellule subproximale de la tétrade ou partie inférieure de l'hypocotyle; *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *n*, cellule-fille supérieure de *ci* et tissu qui en dérive; *n'*, cellule-fille inférieure de *ci*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. En 20, schéma d'ensemble de l'embryon correspondant au détail de la figure 19. G. : 340; 35 pour la figure 20.

première division transversale de ces derniers éléments (*fig.* 12, à gauche). L'étage *l'* donne naissance à la partie supérieure de l'axe hypocotylé.

A partir de la cellule *m*, il se forme successivement deux, puis quatre éléments, groupés autour de l'axe sur un même niveau (*fig.* 4 à 9), plus rarement superposées (*fig.* 10, à gauche). Dans le cas le plus général, des cloisons périclines isolent des éléments de dermatogène et des cellules centrales. C'est à partir de ces dernières ou de leurs descendantes, que dériveront, par formation de parois horizontales, les initiales du cylindre central et les initiales de l'écorce au sommet radiculaire (*fig.* 14 à 19). Les éléments du dermatogène interviennent plus tard dans la construction des parois externes de la coiffe (*fig.* 19).

La cellule *n* se cloisonne d'abord transversalement (*fig.* 6, 10 et 11) et, dans la cellule-fille supérieure, des parois verticales font apparaître, le plus souvent, quatre éléments juxtaposés (*fig.* 13); ceux-ci, par division transversale, donnent naissance à deux assises superposées (*fig.* 15, 17 et 18). Les cellules de l'assise supérieure constituent les initiales de l'assise calyptrogène; les éléments latéraux de cette assise et l'ensemble de l'assise inférieure contribuent à l'édification des parties externes de la coiffe. La cellule-fille inférieure de *n* ou ses descendantes, ainsi que les éléments produits par *n'*, entrent dans la construction d'un suspenseur *sensu strico*, qui est filamenteux dans son ensemble et se montre composé en général de six à sept éléments.

L'embryon du *Nemophila insignis* vient se ranger dans la série C, sous-série a et, par conséquent, appartient au troisième groupe de la première période de la classification embryogénique; il prend place dans le mégarchétype III dans lequel la partie inférieure de l'axe hypocotylé, les initiales du cylindre central et de l'écorce au sommet radiculaire, la coiffe et le suspenseur proviennent de la cellule basale du proembryon bicellulaire. On retrouve, dans le cas qui nous occupe, le mode de développement que R. Souèges a mis en évidence chez l'*Heliotropium peruvianum* L. (²). Ces données nouvelles rapprochent les Hydrophyllacées, non plus des Solanacées, comme dans le cas du *Phacelia*, mais des Boragacées. Chez le *Nemophila*, comme chez l'*Heliotropium*, l'embryon se développe selon des lois comparables à celles qui ont été, pour la première fois, établies chez le *Chenopodium Bonus-Henricus* (³). Dans le cas présent, le rapprochement se révèle même plus étroit que pour les Boragacées, puisque seule, chez le *Nemophila* comme chez l'Herbe du bon Henri, la cellule-fille supérieure de l'élément *n* entre dans la construction de la coiffe, tandis que c'est l'élément *n* tout entier qui intervient pour remplir ces mêmes fonctions chez les Héliotropes.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Conservation de l'acide ascorbique par une matière colloïdale, la gélose.* Note de M. **Pierre Lecat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La destruction si rapide à l'air et à la lumière de l'acide ascorbique dans les milieux aqueux, non additionnés de quelques conservateurs minéraux comme l'acide trichloracétique, et surtout l'acide métaphosphorique qui, ainsi que l'a montré A. Sosa (¹), à la dilution de 1/1000, assure une bonne conservation de ce corps, nous a conduit à rechercher le mécanisme de la conservation de la vitamine C dans les organismes vivants chez qui, en plus du renouvellement journalier dû à une synthèse continue (cas des organismes végétaux en période de vie active), il n'est pas douteux qu'une accumulation soit capable de se produire (cas des organismes végétaux au repos et de certains organismes animaux). Le gliode protoplasmique étant avant tout un gel colloïdal, il était intéressant de rechercher si certains colloïdes, ou d'une manière plus générale, l'état colloïdal n'était pas protecteur de la vitamine C. Nos premières recherches ont porté en particulier sur la gélose comme représentant des colloïdes d'origine végétale. Opérant en milieu parfaitement stérile, mais sans aucun antiseptique, le gel, réparti dans des tubes à essais, est additionné de 200$^\gamma$

(²) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 541.
(³) R. Souèges, *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 467; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 67, 1920, p. 233.
(¹) *Comptes rendus*, 213, 1941 p. 706; 216, 1943, p. 545.

d'acide ascorbique par centimètre cube. La consistance de la gélose variait de la gelée molle avec 1 % de gélose, jusqu'à une consistance fluide à 0,01 % de colloïde sec. La gélose employée est un produit du commerce, sans purification particulière, de pH 6,5.

Outre l'influence de la concentration, il était également intéressant d'étudier celle des conditions physiques sur la conservation de l'acide ascorbique dans les gels; l'influence de la température fut étudiée par conservation des préparations à la glacière à 0°, et à l'étuve à 32°. Celle de la lumière fut étudiée par exposition à la lumière du jour ou à l'obscurité. Les résultats ont été les suivants : exprimés en pour 100 restant de l'acide ascorbique initial, dosé directement par décoloration de l'indophénol à 0,015 %, de huit jours en huit jours.

Gélose.

Concentration du colloïde.	A la glacière (%), jours.					A l'étuve à 32° (obscurité) (%), jours.				
%	8.	15.	21.	28.	35.	8.	15.	21.	28.	35.
0,01......	68	54	36	18	2	88	68	32	12	0
0,02......	96	82	62	28	0	90	70	32	12	0
0,2	100	74	58	28	2	98	98	78	38	15
1,0	86	80	70	44	6	80	58	44	22	5

Température variable du laboratoire : 12 *à* 25°.

Concentration du colloïde.	A la lumière (%), jours.					A l'obscurité (%), jours.				
%	8.	15.	21.	28.	35.	8.	15.	21.	28.	35.
0,01......	28	0	–	–	–	60	34	18	4	0
0,01......	36	6	0	–	–	74	62	28	12	0
0,2	98	88	64	32	6	96	86	52	36	4
1,0	38	12	0	0	0	54	44	36	22	4

Conclusions. — 1° La gélose est une bonne conservatrice de l'acide ascorbique; 2° la conservation est fonction de la concentration de l'hydrogel en gélose; 3° l'action destructive de la lumière sur l'acide ascorbique se fait sentir malgré l'état colloïdal du milieu conservateur; mais à la concentration de 0,2 % de gélose, cette action perd beaucoup de son importance; 4° la température n'a que peu d'influence sur la conservation de l'acide ascorbique en milieu gélosé.

ZOOLOGIE. — *Contribution à la connaissance des rosettes vibratiles des Cténophores.* Note de M. **Constantin Dawydoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les rosettes des Cténophores sont des organes vibratiles paucicellulaires, en entonnoir, enclavés dans la paroi des vaisseaux gastrovasculaires et

munis de deux bouquets de cils, dont l'un, externe, bat dans la mésoglée et l'autre, interne, est plongé dans la lumière du canal cœlentérique, qui, par l'intermédiaire des rosettes, se trouve en communication directe avec le milieu mésogléen environnant. La signification morphologique de ces formations structurales est obscure, leur développement restant jusqu'ici totalement inconnu. Krempf (1920) a fait, sur ce sujet, une observation intéressante; il a vu, chez le *Cœloplana* adulte, une rosette (bien constituée) à l'état libre et il a interprété son observation en considérant que cette rosette s'*est détachée de la paroi du canal cœlentérique, où elle a pris naissance*. Or, nous allons voir qu'en réalité, c'est l'inverse qui a lieu.

Au cours de mes recherches sur les *Cœloplana* indochinois, j'ai fait, à ce sujet, quelques observations occasionnelles, qui, malgré leur caractère fragmentaire, pourraient jeter quelque lumière sur le problème qui nous occupe. Ces observations ont été faites sur un individu très jeune de *Cœloplana agniæ* Daw., ayant à peine accompli sa planarisation. En soumettant ce *Cœloplana* à l'analyse microscopique, j'ai constaté la présence, dans sa mésoglée, à côté de rosettes vibratiles normales, de quelques rosettes parfaitement indépendantes des parois des vaisseaux méridiens et égarées dans l'épaisseur du parenchyme environnant. Malgré le nombre peu considérable de ces rosettes à l'état libre, leur allure morphologiquement incomplète me fait croire que le phénomène que j'ai observé ne pourrait être interprété comme une simple anomalie accidentelle. J'incline à admettre que j'ai eu devant moi les ébauches des rosettes aux divers stades de leur développement. Malheureusement, je n'ai pas réussi à suivre cette évolution, étape par étape, en l'étudiant sur un seul individu et surtout vu les difficultés que présentent le discernement et l'identification des premières ébauches des formations en question, ébauches qui, sans doute, sont initialement monocellulaires, parmi les nombreux éléments mésenchymateux inclus dans la masse mésogléenne. Tout ce que je peux affirmer c'est que, sur les stades où ces ébauches prennent une allure assez évoluée pour permettre d'y reconnaître avec certitude les rosettes en voie de formation, ces dernières se présentent comme des urnes minuscules, paucicellulaires. Chaque urne portait, à chacune de ses extrémités, un bouquet de longs cils : le bouquet externe (agglutiné en une véritable flamme vibratile couronnant l'extrémité postérieure rétrécie de l'organe) et le bouquet interne, localisé dans la partie supérieure de l'urne élargie en entonnoir et dont l'ensemble ciliaire, disposé en cercle, est tourné vers la profondeur de l'urne. Le fond de l'urne ainsi constituée est encore apparemment dépourvu de l'orifice réglementaire.

Le stade que nous venons de décrire est le stade qui précède la fixation de l'organe au canal gastrovasculaire. J'ai trouvé deux urnes libres, qui, apparemment, étaient près d'adhérer à la paroi du vaisseau méridien.

Or, dans un de ces cas, l'épithélium de ce dernier, au moment de sa mise en contact avec l'urne vibratile, montrait une tendance à s'agencer autour de lui, en une sorte d'entonnoir. Dans le deuxième cas, l'ébauche de cet entonnoir était déjà indiquée, avant même que le contact de l'urne avec la paroi du vaisseau méridien fût réalisé.

En résumé, j'arrive à la conclusion que les rosettes des Cténophores sont des formations *morphologiques indépendantes de la paroi du système gastrovasculaire* qui ne s'associent à ce dernier que secondairement et que les formations en question sont d'origine, non pas endodermique, mais ectodermique, provenant probablement des éléments du mésenchyme (ectomésoderme).

Si mes observations se confirment, elles donneront un appui solide à l'opinion ancienne, mais depuis longtemps abandonnée, qui voit, dans les rosettes de Cténaires, un véritable appareil néphridien, qui, prenant son origine aux dépens de l'ectoderme primaire, s'ouvre au dehors, non pas par intermédiaire du tégument, mais en s'associant à la paroi endodermique du système gastrovasculaire.

BIOLOGIE. — *Sur les plans de croissance du Cobaye et du Lapin.* Note de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'étude de la croissance relative des divers organes en fonction du poids du corps a été poursuivie chez le Cobaye et le Lapin domestique au cours de la vie fœtale et de la croissance post-embryonnaire. Trois stades critiques, définis par des variations brusques et simultanées du régime de croissance relative de plusieurs organes, ont pu être mis en évidence; ils offrent des caractères analogues dans les deux espèces et doivent vraisemblablement être considérés comme physiologiquement homologues.

1° Un premier stade critique se situe durant la vie fœtale, pour un poids de 10^g environ dans les deux espèces, correspondant, chez le Lapin dont la gestation dure un mois, à un fœtus de trois semaines et, chez le Cobaye, dont la gestation dure deux mois, à un fœtus de 40 jours. Il est marqué par un abaissement très net du taux d'allométrie (*hétérauxèse*) α pour quatre organes au moins : le foie, les poumons, les reins, le globe oculaire.

D'après les observations histologiques de M. Aron (¹), ce stade coïncide assez exactement avec la première apparition des îlots de Langerhans dans le pancréas et l'établissement de la fonction glycogénique du foie, c'est-à-dire avec l'avènement de la phase hormonale de la vie. Il est à noter que cet avènement est accompagné, chez les fœtus de Veau et de

(¹) *Bull. Biol. France Belgique*, 65, 1931.

Mouton ([2]), de variations de même sens des taux allométriques des mêmes organes. Cette étape importante de la physiogénèse des Mammifères paraît donc offrir dans toutes les espèces des caractéristiques biométriques communes.

D'après les données de Chaine sur la croissance fœtale du Lapin et celles de Draper pour le Cobaye, ce premier stade critique hormonal correspondrait, chez le Cobaye, à un abaissement net du taux de la croissance globale en fonction du temps, tandis qu'il ne se traduit, chez le Lapin, par aucun accident de la courbe de croissance.

2° Le second stade critique, marqué essentiellement par un abaissement du coefficient allométrique (α) de l'encéphale, coïncide avec la naissance chez le Cobaye, mais se situe environ 10 jours après chez le Lapin. Il est homologue du stade critique de l'encéphale que l'on observe chez tous les Mammifères que j'ai pu étudier de ce point de vue et qui se situe suivant les espèces, soit à la naissance (Ruminants, Porc), soit peu après (Homme, Chat, Chien, Rat). Chez le Cobaye comme chez le Lapin, il s'accompagne d'un relèvement du taux allométrique pour le foie, d'une diminution de ce taux pour la peau et d'un nouveau changement du régime de croissance relative des reins.

La phase de la croissance comprise entre les deux premiers stades critiques, que l'on peut appeler phase embryonnaire hormonale, multiplie le poids par 15 chez le Lapin, par 6 seulement chez le Cobaye. Cette inégalité est à l'origine de la différence de taille spécifique entre les adultes.

3° Le troisième stade critique, commun aux deux espèces, correspond à la puberté, qui, chez le Lapin ([3]) comme chez le Cobaye, coïncide, de façon inattendue, avec un relèvement des taux de croissance allométrique pour la peau et pour les poumons.

La parenté entre les deux espèces se manifeste donc par des analogies frappantes en ce qui concerne le plan ontogénétique général des corrélations de croissance.

La comparaison détaillée des coefficients allométriques (α et K) des divers organes, aux phases correspondantes du développement, révèle, entre les deux espèces, certaines identités. Dans certains cas, les différences spécifiques portent seulement sur le coefficient K, en relation avec la taille initiale des ébauches des organes, et non sur le coefficient α, qui caractérise le mécanisme des corrélations de croissance entre organes. Les organes dont le comportement au cours de la croissance accuse le plus de divergences sont les glandes endocrines, surrénales et thyroïde.

([2]) M. Abeloos, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 342.
([3]) A. Limousin, *ibid.*, **223**, 1946, p. 211.

BIOLOGIE, — *Rôle du facteur hygrométrique dans l'écologie et la biologie des Insectes xylophages*. Note de M. **A. Kh. Iablokoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Si, depuis longtemps, on a constaté l'importance qu'il convenait d'attribuer au facteur hygrométrique dans la biologie des stades larvaires et nymphaux de bien des xylophages, on a trop négligé l'action prépondérante de ce facteur sur l'écologie de ces mêmes insectes après leur éclosion.

Ainsi, on a souvent observé des xylophages hygrophiles et, en particulier, des *Cerambycidæ*, qui normalement ne se rencontrent sur les fleurs que par temps humide et qui, par temps sec, se plaquent en plein soleil, sur les arbres morts sur pied, les planches fraîchement sciées, etc. Cette observation est valable aussi bien pour les ♂ que pour les ♀ ; il ne s'agit donc pas uniquement d'un phénomène en corrélation avec la ponte. Ainsi ces xylophages ne butinent que par temps humide, et, par temps sec, restent sur les arbres morts. Pour quelle raison ? Nous avons tenté d'analyser le problème dans le courant de l'été 1946.

La solution est simple si nous abordons le phénomène du point de vue théorique, en considérant la structure de la fibre cellulosique et l'équilibre hygrométrique du bois dans une atmosphère d'humidité relative déterminée.

La théorie micellaire de Naegeli et Ludtke rend bien compte de la structure du bois, et, d'autre part, confirme l'allure particulière, en deux temps, de sa courbe d'inhibition, avec point critique de saturation pour un poids d'eau atteignant 25 à 35 % (suivant les essences) du poids de bois sec.

En ce qui concerne l'équilibre hygroscopique du bois et de l'atmosphère, un diagramme, établi depuis quelque temps, permet de calculer l'humidité du bois en fonction de la température et de l'humidité atmosphérique. Mais comme, dans nos régions, l'humidité d'un bois sec ne descend pas au-dessous de 15 %, l'arbre mort sur pied devient un volant hygrométrique à forte inertie, et, par temps de sécheresse, évapore des quantités importantes d'eau, ce qui permet la constitution de manchons d'air humide autour des troncs. Par temps humide, l'arbre, par contre, réabsorbe de l'eau sous forme de vapeur, les molécules d'eau pénétrant peu à peu jusqu'au cœur de l'arbre.

Ainsi s'établit un véritable rythme hygroscopique, basé sur l'échange de la vapeur d'eau entre l'arbre mort et le milieu environnant, rythme variable suivant les saisons et venant se superposer au rythme journalier correspondant.

Nous prendrons comme exemple les mesures effectuées en forêt de Fontainebleau (gorges de Franchard), le 14 avril 1946 à $12^h,30^m$ (heure solaire), sur un chêne mort sur pied

depuis environ trois ans. L'humidité relative de l'atmosphère était de 56 % au niveau du sol, et de 48 % à $1^m,5$, à l'ombre, et de 37 % au soleil. La température de l'air était de 21° au thermomètre fronde, celle du bois, au soleil, était de 35°. Le diagramme nous montre immédiatement que : pour 21° et 48 % atmosphériques, l'humidité du bois sera de 9 % en cas d'équilibre; pour 35° et 37 % atmosphériques, l'humidité du bois sera de 6,8 % en cas d'équilibre.

Or, le bois de ce chêne en contenait 22 %. Une intense évaporation modifiait donc continuellement l'humidité de l'air ambiant, et même si des souffles d'air arrivaient à rompre l'état d'équilibre hygrostatique, au voisinage du tronc, sous les écorces déhiscentes, lieu préféré des insectes hygrophiles, un matelas d'air humide restait immobile. L'humidité de l'air au voisinage immédiat du tronc nous est donnée également par le diagramme : pour 21° de l'air et 22 % d'humidité du bois, nous obtenons une humidité relative atmosphérique de 91 %; pour 35° de l'air et 22 % du bois, nous obtenons une humidité relative atmosphérique de 92 %. Les mesures sur le terrain ont confirmé ces calculs.

Cette humidité élevée ne se rencontre que contre le tronc de l'arbre, dans un étroit manchon d'air humide. La courbe de la variation hygrométrique a une allure logarithmique et la zone perturbée par la vapeur dégagée par l'arbre mort s'étend sur environ 10^{mm} côté soleil et 20^{mm} côté ombre. Ce manchon humide suffit aux insectes xylophages hygrophiles pour trouver une humidité convenable.

En ce qui concerne les galeries larvaires et les logettes nymphales, une remarque analogue s'impose. En effet, les téguments larvaires et nymphaux ne protègent que très mal contre la sécheresse et les larves, ainsi que les nymphes, surtout au moment de l'éclosion, exigent une humidité atmosphérique élevée. Si nous nous reportons encore une fois au diagramme, et si nous admettons que les limites extrêmes de la température du bois puissent être 0° et 30°, que l'humidité du bois reste aux environs de 15 % pendant la vie larvaire active, nous obtiendrons, pour l'humidité de l'air de la logette, des valeurs oscillant entre 74 et 77 %, c'est-à-dire une humidité élevée et stable. Notons, que, normalement, l'humidité des bois attaqués par les xylophages dépasse largement 15 %, voisinant souvent 20 et même 25 %.

Ainsi, nous pensons avoir démontré toute l'importance qu'il convient d'attribuer au facteur hygrométrique dans la biologie larvaire et l'écologie des adultes; même dans les cas, où, en apparence, ce facteur semble ne pas intervenir, il peut être de la plus grande importance, et dominer toute la vie de l'insecte.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Le rôle du complexe hypothalamo-hypophysaire dans la régulation centrale de l'appétit glucidique.* Note de M. **André Soulairac**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le pancréas insulaire, le cortex surrénal et la thyroïde possèdent une action très nette sur la consommation spontanée de différents glucides

chez le Rat. L'action de l'hypophyse antérieure, expérimentalement très caractéristique, est plus complexe.

On constate que l'hypophysectomie diminue l'appétit glucidique. Mais, lorsqu'on injecte à l'animal normal des doses relativement importantes d'extrait anté-hypophysaire total ou d'extrait anté-hypophysaire thyréotrope, on s'aperçoit qu'il se produit également une très forte diminution de la consommation des sucres. Il semble donc que l'anté-hypophyse seule ne peut pas être considérée comme l'organe régulateur central de l'appétit glucidique.

La possibilité d'un contrôle nerveux de l'activité hypophysaire me fut suggérée par les résultats de A. W. Hetherington et S. W. Ranson (1) et de J. R. Brobeck, J. Teppermann et C. N. H. Long (2). Après lésions expérimentales de l'hypothalamus, ces auteurs constatèrent que les Rats présentaient, entre autres symptômes, des modifications quantitatives importantes de l'appétit. Ils ne mirent cependant, en évidence, aucune modification qualitative.

J'ai repris les expériences de lésions hypothalamiques chez le Rat, dans le but d'étudier le rôle possible de l'hypothalamus dans la régulation même de l'appétit glucidique.

J'ai constaté que des lésions destructives de l'hypothalamus antérieur provoquent une augmentation considérable de l'appétit du Rat pour le glucose. Cette augmentation est élective, car les animaux qui ont la possibilité de choix entre glucose et alimentation standard (à base de céréales) ne modifient que comparativement peu leur consommation de nourriture ordinaire.

Le contrôle histologique des lésions m'a montré que, pour être très efficaces, celles-ci doivent être situées dans l'hypothalamus antérieur, être bilatérales et intéresser particulièrement les noyaux paraventriculaires, médio-ventraux et, parfois, l'éminence médiane.

Outre cette action sur l'appétit des sucres, la lésion hypothalamique augmente l'absorption intestinale du glucose. Chez le Rat normal, cette absorption atteint le taux moyen de 200^{mg} par heure et par 100^{g} de poids. Après lésions de l'hypothalamus, elle se produit au taux moyen de 331^{mg}. Des expériences antérieures m'avaient montré que l'hypophysectomie et l'administration d'extrait anté-hypophysaire diminuaient l'absorption du glucose aux taux respectifs de 132^{mg} et de 147^{mg}, faits en apparence contradictoires, mais qui s'expliquent à la lumière du fonctionnement hypothalamique.

---

(1) *The spontaneous activity and food intake of rats with hypothalamic lesions* (*Am. J. Physiol.*, 136, 1942, pp. 609-17).

(2) *Experimental hypothalamic hyperphagia in the albino rat* (*Yale J. Biol. Med.*, 15, 1943, pp. 831-53).

Ces expériences montrent que l'hypothalamus possède une action sur la régulation de l'appétit glucidique. D'autre part, il semble bien qu'il y ait antagonisme entre l'action de l'hypothalamus et celle de l'anté-hypophyse dans cette même régulation.

Ces faits permettent de comprendre l'effet apparemment paradoxal de l'extrait anté-hypophysaire et indiquent, en outre, que, *dans le contrôle central de la régulation de l'appétit glucidique, il existe une synergie fonctionnelle entre l'hypothalamus et l'hypophyse.* C'est l'ensemble hypothalamo-hypophysaire qui assure cette régulation neuro-endocrinienne.

Deux phénomènes expérimentaux simples permettent d'interpréter le mécanisme de cette régulation centrale : 1° l'hypophysectomie diminue la consommation glucidique et l'absorption intestinale; 2° la destruction des noyaux hypothalamiques antérieurs augmente la consommation et l'absorption intestinale.

L'hypothalamus aurait un rôle inhibiteur et l'hypophyse un rôle excitateur. On sait, d'autre part, que si l'hypothalamus tient l'hypophyse sous sa dépendance, par l'intermédiaire de filets nerveux, l'hypophyse, à son tour, possède une action incontestable sur le fonctionnement hypothalamique, par l'intermédiaire de phénomènes de neurocrinie colloïde directe et indirecte. L'action apparemment paradoxale de l'extrait anté-hypophysaire peut ainsi être expliquée : l'anté-hypophyse en excès, chez l'animal normal, agit sur les centres hypothalamiques en les excitant et produit ainsi secondairement une action physiologique à prédominance hypothalamique. C'est la résultante de ces actions qui est constatée par la diminution de l'appétit pour les glucides.

En outre, le retentissement hypophysaire d'une lésion hypothalamique est également mise en évidence par des modifications histologiques de l'anté-hypophyse.

A l'état normal, l'appétit glucidique est donc principalement réglé par le bon équilibre de ces deux formations antagonistes. Si l'on vient à perturber expérimentalement un des deux systèmes, l'autre devient immédiatement prédominant.

Le rôle de l'hypothalamus serait donc un rôle de modérateur de l'activité hypophysaire, du moins en ce qui concerne le déclenchement de l'activité endocrinienne qui règle les mécanismes de l'appétit pour les glucides.

L'existence d'une régulation neuro-endocrinienne centrale de l'appétit glucidique permet de mieux comprendre les processus complexes de la régulation d'un tel comportement. Elle permet, en particulier, d'interpréter et de situer les variations sensorielles périphériques, au niveau des organes olfacto-gustatifs, que provoquent certaines perturbations endocriniennes. La modification endocrinienne retentit sur l'hypothalamus,

qui, par les connexions hypothalamo-rhinencéphaliques, agit à son tour sur les centres rhinencéphaliques.

Réciproquement, à la lumière de ces faits, il est possible de comprendre comment des stimuli olfacto-gustatifs périphériques peuvent intervenir dans la régulation des mécanismes physiologiques de l'appétit.

ÉVOLUTION. — *Le rajeunissement des lignées évolutives et les migrations.* Note de M. **Albert Vandel**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les zoologistes ont rassemblé, depuis plus d'un siècle, un nombre immense de documents relatifs à l'anatomie, à la systématique, à la distribution géographique et à l'histoire paléontologique des différents embranchements du règne animal. Il est possible de saisir, à la lumière de ces données, certains aspects de la marche réelle de l'évolution du monde animal. Le déroulement de l'évolution nous apparaît aujourd'hui comme un processus essentiellement irrégulier et discontinu. A des époques d'épanouissement succèdent de longues périodes de stagnation (*épistase* d'Eimer), ou de régression.

L'aspect le plus aisé à mettre en évidence dans l'évolution est celui de ses cheminements régressifs. L'étude de la plupart des groupes actuels prouve que leur organisation est simplifiée, régressée, par rapport à celle des organismes qui les ont précédés. De ses magnifiques recherches sur les Araignées de l'Ambre, Petrunkewitch [1] conclut que la structure des Araignées actuelles est, à maints égards, simplifiée et réduite par rapport à celle de leurs ancêtres tertiaires. L'examen de plusieurs autres groupes d'Arachnides (Palpigrades, Acariens, etc.) conduirait à des résultats de même ordre. Nous-même [2] étions arrivé à des conclusions analogues, au terme d'une longue étude consacrée aux Crustacés Isopodes. A. Lwoff [3] a développé, dans un remarquable ouvrage de synthèse, l'idée que l'évolution des microorganismes est essentiellement caractérisée par une perte de fonctions.

On ne saurait cependant douter que cet aspect régressif de l'évolution ne représente que la contre-partie de phases d'épanouissement et de diversification.

L'étude des Crustacés Isopodes terrestres révèle l'existence de telles périodes d'épanouissement, qui représentent de véritables *rajeunissements évolutifs* du phylum. Ces moments privilégiés coïncident presque toujours avec des migrations et la colonisation par le phylum de milieux neufs et jusque-là inoccupés par des représentants du même goupe. En voici quelques exemples.

---

[1] *Trans. Connect. Acad. Arts Sc.*, **34**, 1942, pp. 119-464.
[2] *Bull. biol. France-Belgique, Suppl.*, **30**, 1943.
[3] *L'Évolution physiologique* (*Act. sc. industr.*, **970**, 1943).

La famille des *Trichoniscidæ* est originaire de l'hémisphère austral (continent de Gondwana), ainsi que nous l'avons démontré dans un Mémoire précédent (¹). À travers l'Afrique, ses représentants ont gagné l'Europe, au début du tertiaire. Ils ont colonisé toute la région méditerranéenne, puis, après sa surrection, la chaîne alpine. Dans ces nouveaux milieux, ils ont subi une diversification extrême, qui a eu pour résultat de donner aux régions méridionales de l'Europe la plus riche faune de *Trichoniscidæ* que nous connaissions actuellement. Cette diversification évolutive s'est principalement exercée sur les caractères sexuels, mais elle a engendré également des structures entièrement nouvelles, telles que les dispositifs permettant l'enroulement (*volvation*), caractéristiques d'une lignée de *Trichoniscidæ* pour laquelle Verhoeff a créé la famille des *Buddelundiellidæ*.

Les Porcellionides bitrachéates, dont la différenciation s'est réalisée en Afrique orientale, ont donné naissance, lorsqu'ils sont parvenus en Europe, à un nombre considérable d'espèces. Mais, en plus de ces phénomènes de *microévolution*, nous savons que les Porcellionides bitrachéates ont engendré la famille des *Armadillidiidæ*, formes volvationnelles qui constituent les représentants les plus nombreux et les plus diversifiés des Oniscoïdes méditerranéens. Cette filiation n'est pas hypothétique, car les stades de passage entre les *Porcellionidæ bitracheatæ* et les *Armadillididiidæ* ont persisté jusqu'à nous (*Typhlarmadillidium* Verh. = *Eleoniscus* Rac.).

Un très bel exemple de rajeunissement évolutif corrélatif d'une migration est offert par le genre *Cylisticus* Schnit. Ce genre reconnaît, comme tous les Porcellionides quinquétrachéates, une origine orientale; il a pris naissance dans les régions steppiques de l'Asie occidentale et de l'Europe orientale. Au Miocène, après la surrection de la chaîne des Apennins, le genre *Cylisticus* a gagné l'Italie et les régions avoisinantes (Corse, Sardaigne, Elbe, midi de la France, Catalogne), où il a subi un nouvel épanouissement évolutif qui se traduit, du point de vue systématique, par la genèse de quinze espèces distinctes. Ces exemples pourraient être multipliés.

Il convient de préciser le rôle que la migration et la colonisation de territoires neufs ont pu jouer dans les phénomènes de rajeunissement évolutif. Ce serait une erreur d'attribuer à ces événements une action proprement modelante. Ils représentent bien plutôt un *facteur stimulant*, capable de réveiller les possibilités évolutives du phylum. On ne saurait comprendre autrement les remarquables parallélismes et les réalisations convergentes (*Homoeogenèse* d'Eimer) que l'on relève entre les formes européennes et leurs lointains parents des terres gondwaniennes. C'est

(¹) *Bull. biol. France-Belgique*, **79**, 1946, pp. 221-272.

ainsi que les formes enroulables apparues dans l'hémisphère austral (*Tylidæ*, *Armadillidæ*) ont été très exactement reproduites, à quelques détails près, par les types volvationnels apparus bien plus tard en Europe (*Buddelundiellidæ*, *Armadillidiidæ*). Tout zoologiste sait combien est aisée la confusion entre les deux espèces volvationnelles les plus communes dans la région méditerranéenne : *Armadillo officinalis* Dum. et *Armadillidium vulgare* (Latr.). Cette ressemblance est cependant le résultat d'évolutions entièrement distinctes, qui se sont déroulées sur des continents antipodes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un bilan des transformations de l'éthanal ajouté à une fermentation alcoolique*. Note de MM. **Louis Genevois**, **Émile Peynaud** et **Jean Ribereau-Gayon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons récemment admis (¹) que dans une fermentation alcoolique normale, l'acide acétique, le butylèneglycol et l'acide succinique étaient des produits de condensation de l'éthanal, dérivant lui-même de l'acide pyruvique.

Nous avons cherché à vérifier cette hypothèse en ajoutant de l'éthanal progressivement à une fermentation alcoolique; en ajoutant brutalement une quantité de l'ordre du gramme d'éthanal par litre de milieu, on paralyse la fermentation; en l'ajoutant de l'ordre de 2^{dg} chaque jour, la fermentation suit son cours normal, on arrive ainsi, en 10 jours, à introduire $2^g,2$ d'aldéhyde (50 millimolécules) dans une fermentation portant sur 190^g de sucre réducteur par litre à pH 3,17 (jus de raisin).

Il est possible d'établir un bilan approché des transformations de l'éthanal ajouté. On compare dans ce but à la fermentation recevant de l'éthanal, une fermentation témoin. Dans la fermentation modifiée, on trouve un surplus Δa d'acide acétique, Δb de butylèneglycol (²), Δm d'acétylméthylcarbinol, Δs d'acide succinique correspondant à l'éthanal Δh ajouté.

Rappelons les équations de bilan admises dans notre précédente Note, qui sont, pour

L'acide acétique a : $2\,CH_3CHO + H_2O = CH_3CO_2H + CH_3CH_2OH$; le butylèneglycol b : $CH_3CHO + CH_3CH_2OH = CH_3CHOHCHOHCH_3$; l'acétylméthylcarbinol m: $2\,CH_3CHO = CH_3CHOHCOCH_3$; l'acide succinique s : $5\,CH_3CHO + 2\,H_2O = CO_2HCH_2CH_2CO_2H + 3\,CH_3CH_2OH$.

Il en résulte l'équation suivante pour le bilan partiel :

$$\Delta h = 2\,\Delta a + \Delta b + 2\,\Delta m + 5\,\Delta s = \Sigma\Delta.$$

L'expérience montre que le $\Sigma\Delta$ ainsi calculé est inférieur au Δh, ce qui signifie

(¹) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 693.

(²) Dosé selon E. Peynaud (*Bull. Soc. Chim.*, 1946, p. 685).

que l'acétaldéhyde, en plus des réactions indiquées, donne d'autres réactions dont les produits ne sont pas dosés. Il importe de remarquer que, sous l'action de l'éthanal (1 % du poids du sucre), le butylèneglycol triple sensiblement, l'acétylméthylcarbinol devient important dans le cas d'une levure peu anaérobie (levure de boulangerie), l'acide succinique peut plus que doubler ; ce dernier fait n'avait jamais été signalé, et tend à confirmer que l'acide succinique provient bien des produits de dégradation du sucre, comme l'affirmait Pasteur dès 1859 ([1]).

Voici les concentrations A d'alcool, *r* de sucre restant, *g* de glycérol, *h* d'éthanal, *a* d'acide acétique, *b* de butylèneglycol, *m* d'acétylméthylcarbinol, *s* d'acide succinique, en millimolécules pour 10 litres (sauf pour l'alcool) dans deux fermentations ayant duré 21 jours à 25° (jus de raisin à 190g de sucre au litre, pH = 3,17).

	A.	*r.*	*g.*	*h.*	*a.*	*b.*	*m.*	*s.*
				Levure de Pomerol.				
Témoin........	11°,0	100	570	8	92	34	0,2	33
+502 éthanal...	**11°,2**	**85**	**500**	**69**	**144**	**93**	**0,3**	**73**
Δ.............	+0°,2	−15	−70	+61	+52	+59	+0,1	+40
				Levure de boulanger.				
Témoin........	10°,8	320	580	8	37	42	0,6	51
+502 éthanal...	**11°,0**	**344**	**510**	**28**	**109**	**119**	**10,3**	**84**
Δ.............	+0°,2	+24	−70	+20	+72	+77	+10	+33

Pour la levure de Pomerol............. $\frac{\Sigma\Delta}{\Delta h} = \frac{363}{441} = 0,80$

Pour la levure de boulanger............ $\frac{\Sigma\Delta}{\Delta h} = \frac{406}{482} = 0,85$

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m.

A. Lx.

([1]) *Comptes rendus*, **48**, 1859, p. 1149; *Annales de Chimie et de Physique*, **58**, 1860, p. 343.

ERRATA.

(Séance du 3 février 1947.)

Note de MM. *J. Bougault* et *P. Chabrier*, Sur quelques réactions de l'acide benzoylacrylique :

Table des matières, page 395, *au lieu de* M. J. Bouganet, *lire* M. J. Bougault.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de décembre 1946.

Éléments de thermodynamique et physicochimie de la combustion dans les moteurs, par Max Serruys. Paris, Dunod, 1945; 1 vol. 25cm (présenté par M. A. Caquot).

La suspension et la direction des véhicules routiers, par Max Serruys. Paris, Dunod, 1947; 1 vol. 25cm (présenté par M. A Caquot).

Les engrais phosphatés, par Adrien-André Sanfourche. Paris, Dunod, 1947; 1 vol. 25cm,5.

Les mètres prototypes du Bureau international. Notes historiques. Rénovation. Étude, par Albert Pérard et Charles Volet. Extrait du Tome XXI des *Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*. Paris, Gauthier-Villars, 1945; 1 vol. 33cm.

Que sais-je? Les fruits coloniaux, par Auguste Chevalier et Jean Leroy. Paris, Presses universitaires de France, 1946; 1 vol. 17cm,5.

Collection Lebègue. — Morale de Savants d'Hippocrate à Einstein. Pages choisies, par Jean Pelseneer. Bruxelles, Office de publicité S. C., 1946; 1 vol. 19cm,5.

Contribution à la connaissance de la Géologie de l'U. R. S. S., publié par la Société des Naturalistes de Moscou. Nouvelle série. Livre 3 (7). *Contributions à la lithologie*, par A. L. Yauschine. Moscou, 1946; 1 vol. 21cm (en langue russe).

History and National Life, par Jean Bruchési. Extrait de *Culture*. Québec, 1946; 1 fasc. 23cm,5.

Morphology and Composition of Some Soils of the Miami Family and the Miami Catena, par Irvin C. Brown et James Thorp, in *Technical Bulletin*, n° 834, 1942. Washington, D. C., United States Department of Agriculture, 1 fasc. 23cm.

A Collection of Fishes obtained in the Rice Kin Islands by *Captain Ernest R. Tinkham A. U. S.*, par Henry W. Fowler, in *Proceedings of the Academy of natural Sciences of Philadelphia*. Vol. XCVIII, 1946; 2 fasc. 27cm,5.

Nutritional Charts for medical and other specialists. Twelfth edition, publié par le Research Department of H. J. Heinz Company. Pittsburgh 12, P. A. 1 vol. 30 × 22cm,5.

Un ou une sulfamide? par Marcel Delépine. Extrait du *Bulletin de l'Académie de Médecine*, 1945; 1 feuille 24cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 MARS 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** annonce à l'Académie le décès de M. **HENRI VALLÉE**, Correspondant pour la Section d'Économie rurale, survenu à Dijon, le 12 mars 1947.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'illusion des définitions numériques.* Note de M. ÉMILE BOREL.

La publication de mon Ouvrage sur *Les paradoxes de l'infini* m'a conduit à réfléchir à nouveau sur certaines des questions qui y sont abordées et à modifier ma manière de voir sur les définitions finies. Lorsque le fini devient très grand, il soulève les mêmes difficultés que l'infini.

Tout texte imprimé en langue française peut être regardé comme un nombre entier écrit dans un certain système de numération; il suffit de considérer comme des chiffres les lettres et les divers signes utilisés couramment par les imprimeurs. Inversement, à tout nombre entier bien défini, on peut faire correspondre un assemblage de caractères d'imprimerie qui n'aura généralement aucun sens.

Toute connaissance humaine peut être exposée dans un texte imprimé en français; et la connaissance *effective* de tous les nombres entiers comportant dans le système décimal, moins de 1000 milliards de chiffres, équivaudrait à la connaissance complète de chacun des livres (pouvant comporter quelques milliers de pages) qui ont été écrits ou qui pourront être écrits en langue française. C'est dire qu'il est absurde de supposer que tous ces nombres puissent nous être connus, au point de vue mathématique, c'est-à-dire que nous connaissions une propriété de chacun d'eux.

Il est cependant possible, de bien des manières, de définir avec précision des entiers bien plus grands encore. On peut, par exemple, les écrire sous la forme du produit de quelques nombres premiers dont chacun a un exposant d'une douzaine de chiffres; on peut aussi considérer le nombre premier dont le rang est un nombre précédemment défini, ou bien consi-

dérer l'entier dont les chiffres sont les chiffres décimaux successifs d'un nombre tel que π, jusqu'à un rang fini déterminé. Mais je voudrais insister sur le fait que de telles définitions, que l'on pourrait varier indéfiniment, sont illusoires en ce sens qu'elles ne permettent de connaître réellement qu'un nombre infime des chiffres du nombre que l'on prétend définir et qu'elles ne permettent pas d'en connaître une propriété mathématique autre que sa définition.

On est ainsi amené à établir une distinction essentielle entre les définitions logiques et les définitions d'approximation arithmétique ou définitions numériques. Un nombre (entier, rationnel, ou irrationnel) est logiquement défini lorsque, au moyen d'un petit nombre de mots, on a fait connaître quelques propriétés essentielles qui le distinguent sans ambiguïté possible. Tel est le cas pour un entier dont on connaît les facteurs premiers, pour $\sqrt{2}$, pour π, etc.

Les définitions logiques permettent, en général, de calculer un certain nombre de chiffres qui font connaître approximativement le nombre considéré. Ces chiffres peuvent se rapporter à tel système de numération, ou à un développement en fraction continue, etc. Mais c'est une illusion que de s'imaginer que l'on pourrait connaître effectivement plus d'un million de chiffres, ou à plus forte raison plus d'un milliard, sauf dans les cas très particuliers où ces chiffres obéissent à une loi simple, comme dans les fractions décimales périodiques ou les fractions continues périodiques.

Il faut donc regarder comme à plus forte raison illusoire et dépourvu de fondement tout raisonnement basé sur la connaissance totale du développement d'un nombre tel que π en fraction décimale ou en fraction continue. Désigner par a_n le $n^{\text{ième}}$ quotient incomplet du développement de π en fraction continue et spéculer sur la convergence ou la divergence des séries

$$\sum \frac{1}{a_n}, \quad \sum \frac{1}{a_n^2}, \quad \ldots,$$

ne peut avoir *aucun sens* aussi longtemps que les mathématiciens ne seront pas arrivés à avoir une connaissance *logique* des a_n. S'ils ont seulement la connaissance numérique de quelques-uns d'entre eux, la possibilité théorique d'étendre peu à peu cette connaissance numérique ne peut suppléer à la connaissance logique.

En d'autres termes, autant il est intéressant d'obtenir pour un nombre tel que π, de nombreuses définitions logiques différentes (sous forme d'intégrales définies, de séries, etc.), autant il est dépourvu de sens de spéculer sur les approximations numériques, *qui n'ont qu'un intérêt pratique*, si elles ne se rattachent pas à une formule analytique. Il ne semble pas douteux que, si l'on pouvait écrire π dans le système de numération dont les chiffres

seraient les caractères d'imprimerie français, on devrait trouver, dans ce développement, en le prolongeant suffisamment, le texte de tous les livres écrits ou à écrire en français, mais une telle certitude théorique est une absurdité pratique.

Je crains que les idées que je viens d'exposer ne paraissent choquantes à certains mathématiciens; il y a, en effet, une antinomie complète entre deux points de vue que l'on peut concrétiser par un exemple simple, emprunté au calcul des probabilités.

Proposons-nous de reconstituer tous les ouvrages de la Bibliothèque Nationale en tirant au sort les lettres de l'alphabet français ou en utilisant une armée de singes dactylographes qui taperaient au hasard sur des machines à écrire. Tout homme de bon sens affirmera qu'une telle reconstitution est absolument impossible.

Il est cependant aisé à un mathématicien de calculer le nombre de fois qu'il faudrait faire l'expérience pour qu'elle soit certainement couronnée de succès (avec une probabilité aussi voisine que l'on veut de l'unité).

Ainsi, pour les uns, le miracle des singes dactylographes est absolument impossible; pour les autres, il *suffit* de faire simultanément l'expérience dans un nombre assez grand de planètes analogues à la nôtre pour pouvoir affirmer qu'il se réalisera certainement du premier coup un très grand nombre de fois. Ce sont là deux affirmations contradictoires, entre lesquelles il appartient à chacun de choisir librement, suivant la nature de son esprit. Pour ma part, je consens que des dieux admettent la seconde, mais je pense que les hommes doivent s'en tenir à la première. Je laisse aux philosophes le soin de chercher à imaginer ce que pourraient penser les habitants de la planète élue sur laquelle le miracle se serait réalisé.

Observons, en terminant, que le parti de considérer, au point de vue humain (et non divin), comme rigoureusement nulles les probabilités du même ordre que celle de la réussite du miracle des singes dactylographes, éclaircit complètement ce que l'on a appelé, au XVIIIe siècle, le paradoxe de Saint-Pétersbourg. On sait que, dans le jeu de ce paradoxe, l'espérance mathématique d'un des joueurs est infinie, étant égale à la somme d'une infinité de termes tous égaux à l'unité. Mais, à partir d'un certain rang, ces termes correspondent à des probabilités tellement petites que nous devons humainement les regarder comme nulles et ne pas en tenir compte. Il ne faut pas s'arrêter à l'objection qu'il n'est pas possible de fixer rigoureusement le rang à partir duquel la probabilité doit être négligée; c'est le sophisme du tas de blé; en fait, ce rang, comme on l'a observé depuis longtemps, est pratiquement déterminé par la fortune maximum du partenaire.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur quelques propriétés fondamentales des mouvements supersoniques.* Note (1) de M. DIMITRI RIABOUCHINSKY.

L'une des particularités les plus marquantes des mouvements supersoniques sur laquelle j'ai attiré l'attention (2), réside dans le fait que la vitesse q (et la pression correspondante), ainsi que l'angle θ formé par la vitesse avec une direction fixe, peuvent prendre des valeurs maxima et minima à l'intérieur du fluide et non pas seulement sur les frontières limitant ce dernier, comme cela a lieu, exception faite pour les valeurs minima de la vitesse, dans le cas des mouvements subsoniques (3). Il en résulte, par exemple, que dans un jet gazeux subsonique l'angle θ augmente ou diminue continuellement, tandis que

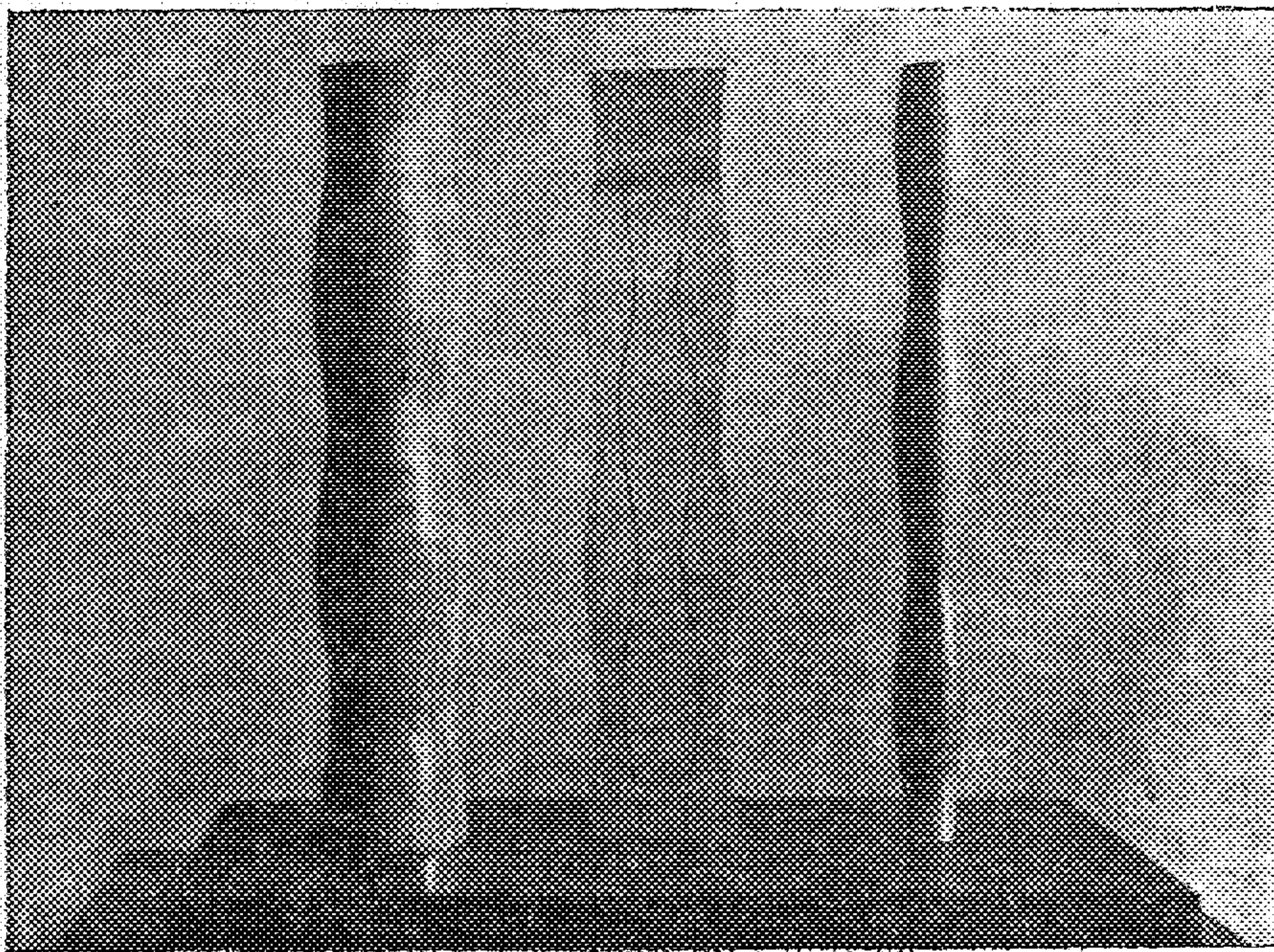


Fig. 1.

dans les mouvements supersoniques cet angle peut varier d'une façon périodique. La figure 1 représente des modèles de jets supersoniques de section circulaire dont les deux surfaces de pression constante, calculées d'après les

(1) Séance du 10 mars 1947.

(2) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1391; *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, **108**, 1937, pp. 25-27.

(3) S. A. TCHAPLIGUINE, *Œuvres*, **2**, 1933, pp. 11-13, Léningrad.

équations que j'ai démontrées antérieurement ([1]),

$$x_1 = \varphi_1 - \alpha \cos\varphi_1 \mathcal{J}_0(a\psi_1), \qquad r_1 = \psi_1 - \alpha a \sin\varphi_1 \mathcal{J}_1(a\psi_1),$$

$$p - p_1 = \alpha\varphi_1 q_1^2 \sin\varphi_1 \mathcal{J}_0(a\psi_1), \qquad a = \sqrt{\left(\frac{q_1}{c_1}\right)^2 - 1} = 3{,}46, \qquad \alpha = 0{,}1,$$

où $\mathcal{J}_0$, $\mathcal{J}_1$ sont les fonctions de Bessel, correspondent respectivement aux deux premières racines de l'équation $\mathcal{J}_0(a\psi_1) = 0$. La valeur 0,1 du paramètre α détermine l'angle $\theta \cong 10°$ d'évasement maximum du jet de moindre diamètre d; le rapport correspondant de la longueur d'onde λ à d est égal à 4,52.

Considérons comme deuxième exemple de mouvements supersoniques permanents, un jet bidimensionnel comprenant des ondes de choc

$$x_1 = \varphi_1 - \frac{\alpha}{2a}\left(F(w) - F(\overline{w})\right) - \frac{\alpha_1}{2a}\left(|F(w)| - |F(\overline{w})|\right),$$

$$y_1 = \psi_1 + \frac{\alpha}{2}\left(F(w) + F(\overline{w})\right) + \frac{\alpha_1}{2}\left(|F(w)| + |F(\overline{w})|\right),$$

$$F(w) = \cos(\varphi + a\psi), \qquad F(\overline{w}) = \cos(\varphi - a\psi), \qquad a = \sqrt{3}, \qquad \alpha = 0{,}1, \qquad \alpha_1 = 0{,}01,$$

$$\frac{p - p_1}{\rho q_1^2} = \left(\frac{\partial x_1}{\partial \varphi_1} - 1\right) = \frac{\alpha}{a}\cos\varphi_1 \sin a\psi_1 + \frac{\alpha_1}{2a}\left(\frac{\cos w}{|\cos w|}\sin w - \frac{\cos\overline{w}}{|\cos\overline{w}|}\sin\overline{w}\right).$$

Des lignes de courant et équipotentielles, les traces des ondes de choc et la courbe des pressions le long de l'axe de ce jet, sont représentées (*fig.* 2).

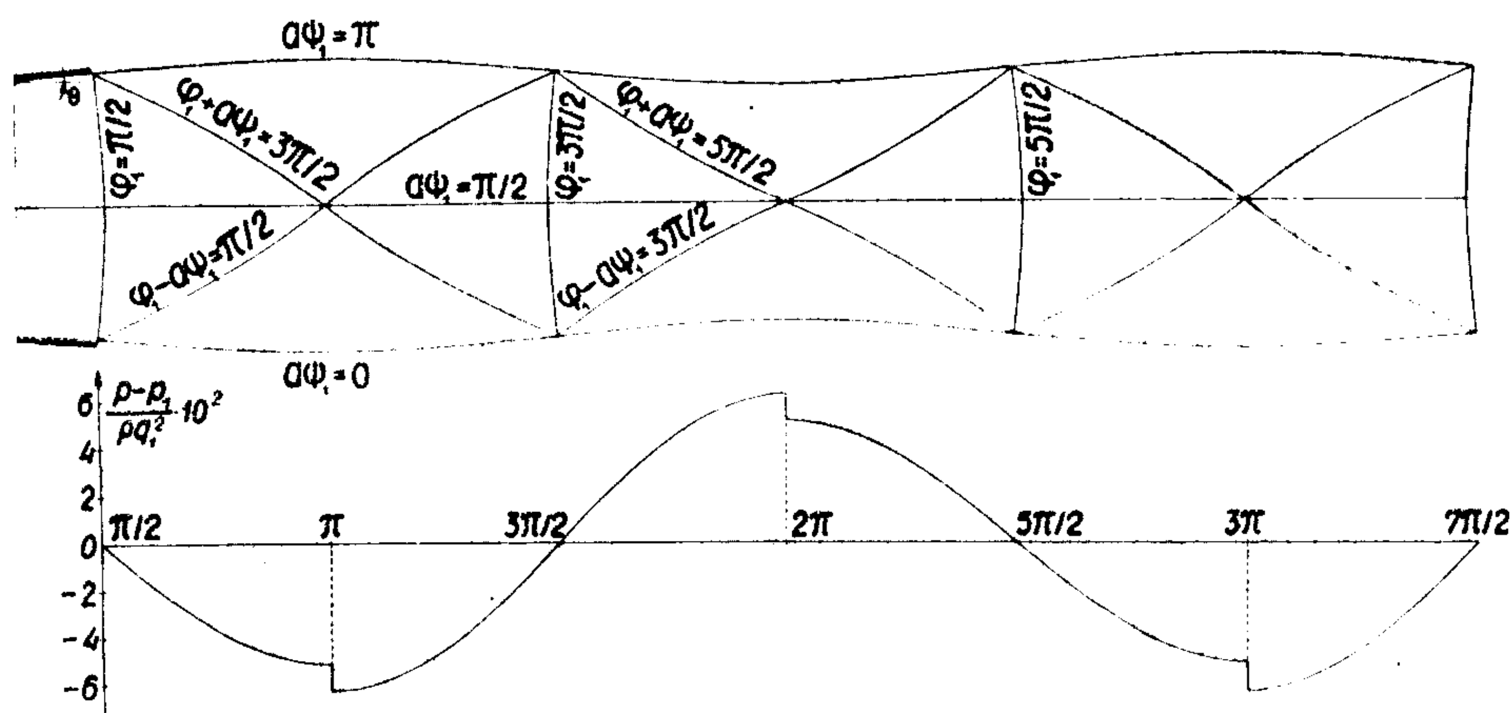


Fig. 2.

Dans ces solutions théoriques les mouvements conservent leur caractère périodique, mais il n'en est pas ainsi dans les gaz réels, où le jet devient turbulent. Il faut chercher l'explication de ce désaccord dans le fait que nous faisons abstraction de la dégradation de l'énergie dans les ondes de choc et du frottement. En effet, les expressions linéarisées de la pression p et la densité ρ

([1]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 474; **208**, 1939, p. 1767; *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, **157**, 1939, pp. 19-21; L. Prandtl, *Physikalische Zeitschrift*, **5**, 1904, p. 599.

déterminent l'équation caractéristique $(p-p_1)=(\rho-\rho_1)p_1\gamma/\rho$ qui reste compatible avec l'équation d'énergie au passage des ondes de choc. L'équation de continuité, le théorème des quantités de mouvement en projection sur la normale à l'onde de choc, la condition de la permanence du mouvement et celle de l'invariabilité des composantes de la vitesse tangentes au plan de l'onde de choc au passage de cette dernière, sont également satisfaits dans cette théorie. Il n'en est plus ainsi lorsqu'on applique comme équation caractéristique l'équation adiabatique, car en faisant le bilan de l'énergie de part et d'autre d'une onde de choc de condensation, on trouve alors un excédent d'énergie. Les théories de Hugoniot-Rankine et Lord Rayleigh aplanissent cette difficulté en tenant compte des échanges de chaleur par conductibilité et rayonnement et de la viscosité.

Ce problème peut être, cependant, considéré aussi d'un point de vue différent. On peut renoncer à la condition des vitesses tangentes invariables et admettre que l'excédent d'énergie correspond, du moins en partie, à l'énergie de pareils mouvements secondaires (5). Cette hypothèse, ainsi que la théorie (6) de la tendance des filets gazeux à se contracter dans les zones de compression en réduisant ainsi l'augmentation de l'entropie dans les ondes de choc, tendance qui est apparentée au principe de Paul Appell de la ***tendance des systèmes matériels à échapper au frottement***, trouvent une confirmation expérimentale, par exemple, dans la transformation d'une onde qui *n'est pas une onde de choc* en une onde *turbulente ou de choc* et, vice versa, observée pour la première fois (7) dans l'appareil de l'analogie hydraulique des mouvements d'un fluide compressible et retrouvée ensuite directement dans des souffleries supersoniques.

RAYONS X. — *Un type nouveau d'émissions* X hors-diagramme *dans les spectres* Kα. Note (1) de M. **Horia Hulubei.**

A l'occasion d'études pour la mise au point de méthodes d'analyse chimique par les spectres X, j'ai été amené à exciter les spectres K du rubidium et des éléments voisins, à des tensions 3 à 4 fois plus grandes que leurs tensions d'excitation. Après des temps d'exposition suffisamment prolongés, par exemple

(5) *Bulletin Technique des Services Techniques de l'Aéronautique*, n° 67, 1930, p. 58.

(6) D. Riabouchinsky, *Bulletin de l'Institut Aérodynamique de Koutchino*, VI, Paris, 1920, p. 44; cf. (4), p. 69; *The Journal of the Royal Aeronautical Society*, **39**, mai 1935, fig. 158; *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 469; M. Roy, *Comptes rendus* **195**, 1932, p. 300; *Atti del Convegui Volta*, Roma, 1936, p. 220.

(7) *Comptes rendus*, **202**, 1936, pp. 1726-1727.

(1) Séance du 17 février 1947.

environ 100 fois le temps d'enregistrement de $K\alpha$, mes clichés montrent des

	λ u.x.	ν/R.	$\Delta_1\nu/R$ à α_1.	$\sqrt{\Delta_1}$.	$\Delta_2\nu/R$ à α_2.	$\sqrt{\Delta_2}$.	(Z+1).	
							M_{IV}.	M_V.
42 Mo...	719,2	1267,1	20,3	4,51	12,6	3,55	–	–
41 Nb...	755,7	1205,9	17,9	4,23	10,9	3,30	17,2	17,0
40 Zr...	795,3	1145,8	16,1	4,01	9,9	3,15	15,3	
39 Y...	837,9	1087,6	14,1	3,75	8,6	2,93	13,5	13,3
38 Sr...	883,7	1031,2	12,1	3,48	7,1	2,66	11,8	11,6
37 Rb...	933,6	976,1	10,5	3,24	6,1	2,47	10,2	10,0
35 Br...	1046,4	870,9	7,4	2,72	3,9	1,98	6,5	
34 Se...	1110,7	820,4	6,2	2,49	3,1	1,76	5,3	5,1
33 As...	1181,5	771,3	5,3	2,30	2,6	1,62	5,1–4,0	

raies $K\alpha$ supplémentaires de longueurs d'onde supérieures à celle de $K\alpha_2$; elles sont donc apparemment d'un type différent des raies K *hors-diagramme* que l'on connaissait jusqu'ici et qui ont toutes une énergie supérieure à celle de $K\alpha_1$.

J'ai observé ces émissions nouvelles pour une série d'éléments compris entre le ruthénium (44) et l'arsenic (33). Avec le pouvoir de résolution employé, elles ne sont pas observables pour le cuivre; mais elles sont peut-être présentes et noyées dans le voile dû à la surexposition des raies $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$.

Le dispositif expérimental était semblable à celui que j'avais employé avant la guerre pour analyser les satellites $K\alpha$ des éléments Cu(29) à Rh(45) inclusivement ([2]). Mais le tube à rayons X était maintenant, soit un tube normal, soit l'un des tubes spéciaux que j'ai fait construire pour analyser des substances volatiles par excitation cathodique sous haute tension. Ces tubes réalisent le principe d'une distribution des champs telle que les ions formés par le bombardement électronique des substances placées sur l'anticathode ne puissent s'accélérer vers la cathode et contribuer à l'amorçage de décharges intempestives et qui nuisent beaucoup au rendement de l'analyse spectroscopique.

Les spectres ont été obtenus avec un spectrographe à focalisation de 40^{cm} de diamètre et des lames de mica ou de quartz, sur divers systèmes réticulaires. La dispersion varie ainsi de 12,6 à 4,5 U. X./mm environ.

Le rubidium montre les satellites dont j'ai parlé, avec une grande intensité relative, pour des tensions de 50 à 70 kV. On observe, entre autres, une émission particulièrement nette et forte que j'ai pu suivre facilement pour les atomes voisins : Sr, Y, Zr, Nb d'un côté, Br de l'autre; moins bien pour Mo, difficilement pour Ru. Le cas de As est encore douteux. Le sélénium montre une émission dont la nature est discutable par suite d'une coïncidence possible avec une émission étrangère. Le tableau I donne le résultat actuel de mes mesures.

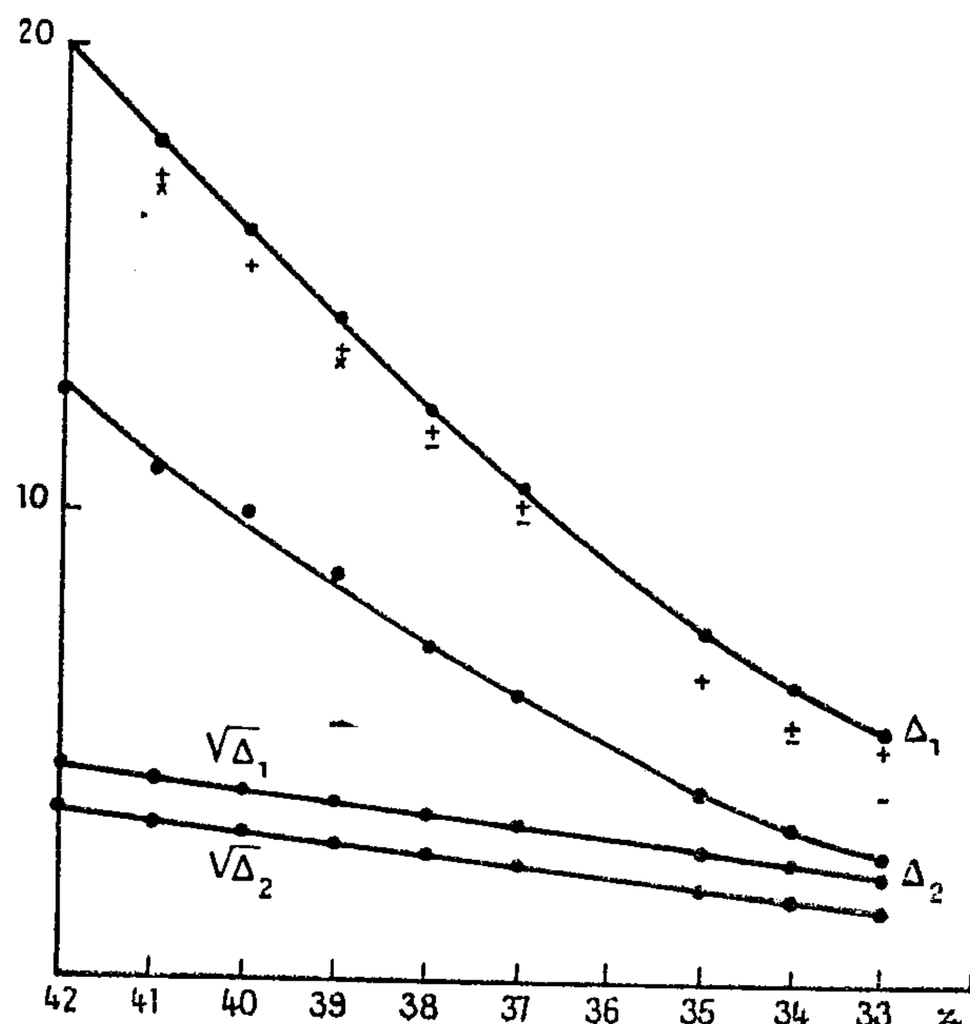
J'ai étudié l'influence de la tension, spécialement dans le cas du niobium, en

([2]) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 544; **205**, 1937, p. 440.

excitant le spectre sous des tensions très différentes et avec des temps d'enregistrement tels que le noircissement des raies $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ reste sensiblement le même d'un cliché à l'autre. Il semble bien que la tension joue un rôle important pour faciliter l'apparition du satellite. Ce fait, s'il se confirme, devrait aider à en comprendre l'origine.

Les tentatives d'interprétation des satellites $K\alpha$ de grande fréquence ont fait appel à deux mécanismes possibles. L'un est le *double-saut électronique*, avec apparition d'une fréquence qui est la somme des fréquences de deux transitions simultanées. L'autre est l'ionisation multiple de l'atome, avec apparition des composantes d'un spectre de multiplets. Langer et Wolfe ([3]) prévoient ainsi 5 composantes de grande fréquence, correspondant à 5 satellites observés; mais ne prévoient pas d'émissions de fréquence plus faible que $K\alpha_1$. Les émissions que j'observe semblent d'un genre nouveau, à la fois théoriquement et expérimentalement, et peuvent de ce fait présenter quelque intérêt.

J'ai suivi leur déplacement dans l'échelle des fréquences, par rapport à α_1



et à α_2. Les différences de fréquences, pour un atome de numéro atomique Z, se placent respectivement de part et d'autre des valeurs des niveaux M_{IV} et M_V de l'élément $Z+1$, d'ailleurs connues avec une certaine imprécision dans cette région du système périodique. Ceci pourrait faire penser à rechercher l'origine de ces satellites dans une sorte de *conversion interne partielle* du quantum correspondant à $K\alpha_1$ ou mieux à $K\alpha_2$ dans l'atome émissif : le quantum émis par une transition de diagramme céderait une partie de son énergie pour

([3]) *Phys. Rev.*, 43, 1933, p. 221.

l'ionisation d'un niveau extérieur. On pourrait désigner ces nouvelles émissions par $K\alpha_s$.

S'il en était ainsi, la nature de ces satellites serait à rapprocher de celle proposée par Y. Cauchois ([4]) pour les satellites $L\alpha_s$ et $L\alpha_a$ qu'elle a observés dans les spectres L des atomes lourds.

Les raies observées ne correspondent pas à la transition interdite KL_I, car leurs fréquences sont très nettement trop grandes. Mais on pourrait peut-être émettre une autre hypothèse pour leur origine et les considérer comme des *satellites* de cette transition KL_I qui ne se produit pas avec rayonnement. Des ionisations multiples donneraient une certaine probabilité à des transitions entre des niveaux K et L_I perturbés, ou encore à des doubles-sauts relatifs à L_I, par des mécanismes analogues à ceux imaginés pour rendre compte des satellites KL_{III} de grande fréquence.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de quelques substances de croissance, additionnées, soit de nitrate d'urane, soit de sulfate de manganèse, sur la germination et la productivité du* Pisum sativum. Note ([1]) de M. **Paul Becquerel** et Mlle **Jacqueline Rousseau**.

Dans une Note précédente ([2]) nous avons constaté que le trempage, pendant 24 heures, des graines de Pois dans l'acide phénylacétique et dans l'acide indol-β acétique au 1/100000 avait augmenté leur productivité. Est-ce que celle-ci serait encore accrue si l'on y ajoutait, soit des traces de sulfate d'urane ou de sulfate de manganèse? Nous savions par nos recherches (1914) que le sulfate d'urane avançait de près d'une semaine la maturité des céréales, en augmentant très légèrement leur rendement. Quant au sulfate de manganèse, son action, découverte par Gabriel Bertrand (1905), favorise très notablement les récoltes. Ce qui a été confirmé depuis, par de très nombreux observateurs, mais aucun n'a employé notre méthode de trempage.

D'abord, pour nous rendre compte de l'action de ces substances minérales sur la germination des graines de Pois, nous avons procédé comme précédemment avec les substances de croissance. Le tableau ci-après montre, après trempage de 24 heures (A), puis de 48 heures (B) dans les dilutions indiquées pour chaque substance, soit séparément, soit en association, le nombre de graines germées au bout de 2, 4, 6, 12 jours.

([4]) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 121; *Journ. de Phys.*, 8e série, 5, 1944, p. 1.

([1]) Séance du 10 mars 1947.

([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 700.

Substances et dilutions. [1].	Pourcentage des germinations au bout de 2 jours A.	B.	4 jours A.	B.	6 jours A.	B.	12 jours A.	B.
Nitrate d'urane 10^{-4}	98	76	98	84	98	88	92	94
» 10^{-3}	72	60	82	64	92	78	92	80
Sulfate de manganèse 10^{-4}	96	82	100	88	100	90	100	94
» » 10^{-3}	96	76	58	80	98	90	98	96
Nitrate d'urane 10^{-4} + sulfate de manganèse 10^{-4}	98	80	98	84	98	94	98	90
» 10^{-4} + acide phényl-acét. 10^{-5}	88	36	82	48	94	70	96	80
» 10^{-4} + acide indol-β acét. 10^{-5}	92	32	94	62	94	66	98	82
Sulfate de manganèse 10^{-4} + acide phényl-acétique 10^{-5}	90	42	94	56	98	74	98	80
Sulfate de manganèse 10^{-4} + acide indol-β acétique 10^{-5}	70	12	72	30	84	60	94	70
Témoins germés dans l'eau distillée	98	96	98	97	100	94	100	96

[1] Trempage A : 24 heures; B, 48 heures.

D'après ces résultats on constate que le nitrate d'urane au 1/10000 agit très peu sur la germination, mais devient très légèrement toxique au 1/1000, déjà après 24 heures de trempage. Quant au sulfate de manganèse, il ne nuit pas à la germination qui est comparable à celle des graines témoins, mais les plantules paraissent plus vigoureuses. La meilleure dose paraît être celle du 1/10000. En mélange avec l'urane, à la dose de 10^{-4}, le trempage pendant 24 heures influe peu sur la germination, il devient légèrement toxique au bout de 48 heures.

D'autre part, le nitrate d'urane au 1/10000, mélangé à une substance de croissance, soit l'acide phénylacétique, soit l'acide indol-β acétique au 1/100000 augmente légèrement l'effet toxique sur les germinations, même après 24 heures de trempage. Au bout de 48 heures, l'effet toxique est déjà très marqué, puisque ne germent au bout de 12 jours que 80 à 82 % des graines.

Il en est de même du sulfate de manganèse au 1/10000; mais la toxicité est plus grande avec l'acide indol-β acétique, en raison de la toxicité de ce dernier déjà à la dose de 10^{-5}.

Connaissant ces effets sur la germination, nous nous sommes demandé seulement pour les graines trempées 24 heures dans les solutions précitées, comment elles se comporteraient sur les terrains d'expérience de la station de Beau-Site.

Ces graines furent semées en ligne, le 1er avril 1946, dans les mêmes conditions de fumure et d'éclairement. La floraison eut lieu le 1er juin pour les pois trempés dans la solution d'urane; le 3 juin pour les solutions mélangées d'urane et de manganèse, et le 8 juin pour les autres. Dans chaque ligne, nous avons recueilli, pour 20 pieds consécutifs, toutes les gousses, puis les graines

dont nous avons établi le poids sec comparativement avec celui des graines des pieds témoins.

Le tableau ci-dessous nous indique la dilution de la substance, les nombres de gousses, de graines, le poids sec des graines pour 20 pieds consécutifs et l'accroissement du rendement sur celui des graines témoins.

Dilution de la substance.	Nombre gousses pour 20 pieds.	Nombre grains.	Poids sec de grains (en g.).	Accroissement du rendement en poids sec (%).
Nitrate d'urane 10^{-4}	78	498	88	+10
Nitrate d'urane 10^{-5}	75	480	85	+ 6,5
SO_4Mn 10^{-4}	82	485	99	+19
SO_4Mn 10^{-5}	79	468	84	+ 5
SO_4Mn 10^{-4} + Nitrate d'urane 10^{-4}	79	495	86	+ 7
Acide phényl-acétique 10^{-5} + urane 10^{-4}	86	580	102	+27,5
Acide indol-β acétique 10^{-5} + urane 10^{-4}	80	482	85	+ 6,25
Acide phényl-acétique 10^{-5} + SO_4Mn 10^{-4}	90	570	112	+40
Acide indol-β acétique 10^{-5} + SO_4Mn 10^{-4}	80	490	79	− 2
Témoins	76	424	80	

Ces résultats sont particulièrement intéressants, car ils démontrent que le trempage des graines de Pois 24 heures dans les solutions d'urane et de sulfate de manganèse, améliore le rendement en poids sec de 10 % avec la première et de 19 % avec la seconde.

En mélange, ces deux solutions perdent leur activité favorisante.

D'autre part, quand on associe au nitrate d'urane au 1/10000 des substances de croissance telles que l'acide indol-β acétique et l'acide phényl acétique au 1/100000, on obtient encore un accroissement de 6,25 % pour le premier et 27,50 % pour le second.

Mais si l'on remplace le nitrate d'urane par le sulfate de manganèse au 1/10000, c'est alors qu'on obtient, avec l'acide phényl acétique, un accroissement du rendement de 40 %. Par contre, le rendement est un peu déficitaire si l'on associe, au sulfate de manganèse, l'acide indol-β acétique.

L'action remarquable de l'acide phényl acétique au 1/100000 additionné de sulfate de manganèse au 1/10000 dans le trempage des graines de Pois pour favoriser leur rendement, mérite d'être vérifiée avec beaucoup d'autres espèces de graines cultivées; c'est ce que nous allons faire dans nos nouveaux essais. Il y a peut-être là une méthode qui, mise au point pour chaque espèce, serait susceptible de rendre de précieux services à l'agriculture.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Eugène Delporte** et **Carl Stormer** sont élus Correspondants pour la Section d'Astronomie, en remplacement de MM. *Alfred Fowler* et *Edmond Rothé*, décédés.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Théorie des équations différentielles et fonctionnelles du Collège de France, pour la première ligne, M. *Jean Leray* obtient 41 suffrages; il y a deux bulletins blancs.

Pour la seconde ligne, M. *André Lichnerowicz* obtient 30 suffrages; il y a deux bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne............ M. **Jean Leray**.
En seconde ligne............. M. **André Lichnerowicz**.

CORRESPONDANCE.

Sir **Edward John Russell**, élu Associé étranger, et M. **Théodore de Karmán**, élu Correspondant pour la Section de Mécanique, adressent leurs remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Union géodésique et géophysique internationale. Comité National français. Section d'Hydrologie scientifique. *Commission du Bassin de la Seine*. Cahier n° 6. *Niveau journalier de la Seine à Vernon* (1885-1940).

ALGÈBRE. — *Sur certains treillis gauches*. Note (¹) de M. **Maurice-Paul Schützenberger**, transmise par M. Gaston Julia.

On étudiera brièvement ici certains treillis non commutatifs. Des résultats déjà connus (Klein Barmen, *Math. Zeitschrift*, 1940, pp. 41, 42, 43) seront approfondis.

Axiomes des treillis gauches. — Ce sont des structures algébriques où existe une loi de composition interne partout définie, associative, strictement idempotente ($aa = a$). On examinera ultérieurement la loi plus faible : pour tout a, il existe un entier n tel que $a a^n = a^n$. On postulera en outre l'existence de $\mho$ (pour tout a : $a\mho = \mho a = a$) et de Ω (pour tout a : $a\Omega = \Omega a = \Omega$).

Inégalité et isotopie — On écrira

$$\begin{array}{lll} a \dot{\subset} b & \text{équivalent à} & ab = a; \\ a \underset{\cdot}{\subset} b & \text{équivalent à} & ba = a; \\ a \subset b & \text{équivalent à} & ab = ba = a. \end{array}$$

(¹) Séance du 6 janvier 1947.

Cette relation est *transitive* et a une *réflexivité presque complète* (*croisée*). On a en outre, pour tout c,

$$\text{si } a \dot{\subset} b, \quad \text{alors} \quad ca \dot{\subset} b;$$
$$\text{si } a \underset{\cdot}{\subset} b, \quad \text{alors} \quad ac \underset{\cdot}{\subset} b.$$

On écrira

$$a \doteq b \quad \text{équivalent à} \quad a \dot{\subset} b \quad \text{et} \quad b \dot{\subset} a;$$
$$a \underset{\cdot}{=} b \quad \text{équivalent à} \quad a \underset{\cdot}{\subset} b \quad \text{et} \quad b \underset{\cdot}{\subset} a.$$

$\doteq$ sera appelée *isotopie*; si $a \not\doteq b$, on dira qu'ils forment un système de Klein Barmen (par exemple ba et aba : $ba.aba = ba$; $aba.ba = aba$). L'isotopie est *symétrique, transitive, presque complètement réflexive* (*croisée*). Si les a_i sont tels que $a_i \dot{\subset} a_{i+1}$ et $a_n \dot{\subset} a_0$, ils sont isotopes (et de même en changeant les symboles en leurs opposés).

L'isotopie détermine une partition en classes. On écrira

$$x \in |\dot{a}| \quad \text{équivalent à} \quad a \doteq x; \qquad x \in |\underset{\cdot}{a}| \quad \text{équivalent à} \quad a \underset{\cdot}{=} x.$$

1° Tout être appartient au moins à une classe de chaque espèce.

2° Les classes de même espèce sont deux à deux exclusives :

Si $\quad x \in |\dot{a}| \quad \text{et} \quad x \in |\dot{b}|, \quad \text{alors} \quad a = ax \quad \text{et} \quad x = xb,$

d'où

$$ab = axb = ax = a,$$

donc

$$a \in |\dot{b}| \quad \text{et} \quad b \in |\dot{a}|, \quad \text{c'est-à-dire} \quad |\dot{a}| = |\dot{b}|.$$

On a encore les propriétés suivantes :

1° $\quad |\dot{a}| \cap |\underset{\cdot}{a}| = a.$

2° Si $\quad a \doteq a' \quad \text{et} \quad b \underset{\cdot}{=} b', \quad \text{alors} \quad ab \doteq a'b' \quad \text{et} \quad ba \underset{\cdot}{=} b'a'.$

3° Si $\quad a \doteq a' \quad \text{et} \quad a \dot{\subset} b, \quad \text{alors} \quad a' \dot{\subset} b;$

$\quad a \underset{\cdot}{=} a' \quad \text{et} \quad a \underset{\cdot}{\subset} b, \quad \text{alors} \quad a' \underset{\cdot}{\subset} b.$

L'axiome CJ. — Pour aller plus loin, il faut introduire un axiome supplémentaire permettant de composer ces classes :

Axiome $\overline{\text{CJ}}$, pour tout a et b, $\quad aba = ab$;

Axiome $\underline{\text{CJ}}$, pour tout a et b, $\quad aba = ba$.

On se limitera désormais au cas de $\overline{\text{CJ}}$ qui entraîne :

1° Si $\quad a \underset{\cdot}{\subset} b, \quad \text{alors} \quad a \dot{\subset} b, \quad \text{donc} \quad a \underset{\cdot}{\subset} b \quad \text{équivalent à} \quad a \subset b;$

2° Tout a, b : $\quad ab \doteq ba,$

d'où le résultat essentiel :

si $\quad a \doteq a' \quad \text{et} \quad b \doteq b', \quad \text{alors} \quad a'b' \in |\dot{ab}| \quad \text{et} \quad b'a' \in |\dot{ab}|$

($|ab|$ peut comprendre d'autres êtres que les $a'b'$ et les $b'a'$). Il en découle que le système des classes a même structure qu'un *treillis commutatif*.

3° Les treillis CJ de base finie sont finis;

4° Pour tout *monome* B si $a \doteq a'$, alors $aBa' = aB$.

Il est maintenant possible d'introduire une deuxième opération « + », duale de la première et jouissant des propriétés habituelles, à condition de faire des hypothèses supplémentaires. Par exemple :

1° On distingue un être dans chaque classe et l'on convient que $a + b$ désigne l'être distingué de la classe correspondant à l'être $a + b$ du treillis commutatif associé.

2° S'il existe un isomorphisme entre chaque classe et un système de Klein-Barmen *fixe*, la structure est une *structure produit* (par exemple les domaines convexes orientés) et + compose les classes comme précédemment; à l'intérieur d'une même classe, + opérant suivant la loi du système de Klein-Barmen. Au contraire de la précédente, cette convention est compatible avec toutes les lois universelles (cf. *infra*) de distributivité au sens large. Toute loi de ce type y implique son opposée (par exemple la distributivité à droite y implique la distributivité à gauche). D'autres conventions sont encore possibles.

Hiérarchisation des lois commutatives. — On appellera *loi universelle* une loi algébrique s'exprimant sous la forme de l'*égalité* de deux (ou plusieurs) monomes pour *toutes* valeurs des variables.

La loi la plus forte est la loi commutative : $ab = ba$ équivalente (entre autres) à la composition de $\overline{\mathrm{CJ}}$ et $\underline{\mathrm{CJ}}$. Il est facile de voir que cette loi est *immédiatement plus forte* que les deux lois CJ et que ce sont là les trois seules lois universelles à deux êtres : en effet la loi $aba = a$ n'est pas compatible avec l'existence de Ω.

Comme aba et ba sont isotopes et ne sont égaux que si $\underline{\mathrm{CJ}}$ est vérifiée, on peut montrer que toute loi universelle à plus de deux êtres est *simultanément plus faible* que $\overline{\mathrm{CJ}}$ et $\underline{\mathrm{CJ}}$ et par conséquent *plus faible* que CM définie par : pour tout a, b, c :

$$abaca = abca; \quad abacb = abcb; \quad acbab = acab.$$

Tout treillis CM de base finie est fini (la première des trois relations est d'ailleurs suffisante pour cela). Si la base est constituée par trois êtres, la *longueur* maxima des monomes est 5.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Système général de coordonnées dans un espace séparable de Hilbert-Hermite.* Note de M. **Otton Martin Nikodym**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Reprenons les notions et la terminologie de deux Notes précédentes [1]. Soient $\mathfrak{r}$ un espace séparable, (L) une classe ordonnée et fermée engendrant une

[1] *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 322 et 628.

tribu (T) saturée. Soient $\vec{\omega}$ un vecteur générateur et $\mu(a)$ la mesure engendrée sur (T) par $\vec{\omega}$. Considérons les lieux A de (L). Appelons *quasi-vecteur* $\vec{\varphi}_A$ *en* A toute fonction $\vec{\varphi}(p)$ définie pour tous les voisinages p de A et dont les valeurs sont des vecteurs de r; appelons *quasi-nombre* ψ_A une telle fonction $\psi(p)$ dont les valeurs sont des nombres complexes. Un champ de quasi-vecteurs $\vec{\varphi}_A$ (resp. quasi-nombres ψ_A) défini pour tous les lieux A peut être interprété comme une fonction $\vec{\varphi}(q)$(resp. $\psi(q)$) définie pour tous les segments q de (L).

2. Appelons *agrégat* l'espace o et chaque ensemble $p_1, p_2, \ldots, p_m$ fini de segments disjoints de (L). Pour simplifier l'écriture nous emploierons le symbole $P = \Sigma_i p_i$ pour désigner tantôt l'agrégat, tantôt la somme spatiale de ses éléments; de plus nous identifierons parfois les ensembles mesurables de lieux avec leurs supports. Si $\mathcal{E}$ est un ensemble mesurable, il existe toujours une suite infinie $P_n = \Sigma_i p_{in} (n = 1, 2, \ldots)$ d'agrégats telle que

$$|\mathcal{E}, P_n| = \mu(\mathcal{E} - P_n) + \mu(P_n - \mathcal{E}) \to 0$$

et, en même temps $N(P_n) \to 0$ où, par $N(P)$, nous entendons d'une manière générale, un nombre attaché à l'agrégat $P = \Sigma_i(a_i - b_i)$ et défini comme le maximum des nombres $\mu(a_i - b_i) - \mu(\Pi q_i) \geqq 0$, le produit spatial étant étendu à tous les voisinages q_i du lieu A_i placé en a_i [2].

3. Nous allons définir pour un champ $\vec{\varphi}_A$ (resp. ψ_A) de quasi-vecteurs (resp. quasi-nombres), une notion de *somme* rappelant l'intégrale de Weierstrass-Burkill [3] Soit $\mathcal{E}$ un ensemble mesurable de lieux, e son support et $P_n = \Sigma_i p_{in}$ ($n = 1, 2, \ldots$) une suite infinie d'agrégats telle que $|P_n, \mathcal{E}| \to 0$ et $N(P_n) \to 0$. Dans le cas où la suite de vecteurs $\vec{\Phi}_n = \Sigma_i \vec{\varphi}(p_{in})$ [resp. la suite de nombres $\psi_n = \Sigma_i \psi(p_{in})$] tend vers une limite $\vec{\Phi}$ (resp. ψ) indépendante du choix de $\{P_n\}$, le champ $\vec{\varphi}_A$ (resp. ψ_A) est dit *sommable sur* $\mathcal{E}$ et $\vec{\Phi}$, (resp. ψ) seront désignés par $\mathbf{S}_\mathcal{E} \vec{\varphi}_A$ (resp. $\mathbf{S}_\mathcal{E} \psi_A$) et aussi par $\mathbf{S}_e \vec{\varphi}_A$ (resp. $\mathbf{S}_e \psi_A$). Nous démontrons que si $\vec{\varphi}_A$ est sommable sur l'ensemble I de tous les lieux, $\vec{\varphi}_A$ est aussi sommable sur tout ensemble $\mathcal{E}$ mesurable de lieux. De plus, si $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \ldots, \mathcal{E}_n, \ldots$ sont des ensembles disjoints et si $\mathcal{E} = \Sigma_n \mathcal{E}_n$ est leur somme logique, on a $\mathbf{S}_\mathcal{E} \vec{\varphi}_A = \Sigma_n \mathbf{S}_{\mathcal{E}_n} \vec{\varphi}_A$. Deux champs $\vec{\varphi}_A$, $\vec{\psi}_A$ sont dits *équivalents* lorsque, pour tout espace e, on a $\mathbf{S}_e \vec{\varphi}_A = \mathbf{S}_e \vec{\psi}_A$. Nous écrirons $\vec{\varphi}_A \approx \vec{\psi}_A$. Il en est de même pour les champs de quasi-nombres. Les notions des sommabilité et de somme ne dépendent pas du choix du vecteur générateur $\vec{\omega}$.

---

[2] Le lieu A_i est appelé *extraordinaire* lorsque $\Pi q_i \neq o$, et *ordinaire* lorsque $\Pi q_i = o$. L'ensemble des lieux extraordinaires est au plus dénombrable.

[3] S. Saks, *Theory of the Integral* Warszaw, 1937, New-York, G. E Stechert, 1937.

4. Le quasi-nombre μ_A défini par $\mu(q)$ est sommable et l'on a $\mathbf{S}_e\mu_A = \mu(e)$. D'une manière générale : $\mathbf{S}_e\vec{\varphi}_A = \mathbf{S}_e\vec{\varphi}_A^\star \mu_A$ où $\vec{\varphi}_A^\star$ se définit par $\vec{\varphi}(q)/\mu(q)$. Nous appelons $\vec{\varphi}_A^\star$ *densité* de $\vec{\varphi}_A$. Dans le cas dit *régulier* où $\vec{\varphi}(q) \subseteq q$ nous avons trouvé plusieurs théorèmes simples, par exemple $\mathbf{S}_e\vec{\varphi}_A \subseteq e$; $|\mathbf{S}_e(\vec{\varphi}_A, \vec{\psi}_A)| \leqq |\mathbf{S}_e\vec{\varphi}_A| . |\mathbf{S}_e\vec{\psi}_A|$; il existe un vecteur $\vec{\xi}$ tel que $\mathbf{S}_e\vec{\varphi}_A = \mathrm{Proj}_e\vec{\xi}$, etc. Si $f(X)$ est une fonction ordinaire, nous désignons par $\mathrm{val}_A f$ le quasi-nombre $\int_p f(X)\,d\mu_X/\mu(p)$.

5. Le système composé de (L) et $\vec{\omega}$ est appelé *système général de coordonnées*. Étant donnés un lieu A et un vecteur $\vec{x} \in I$, nous appelons A-*composante* $\vec{x}_A$, A-*composante-densité* $\vec{x}_A^\star$, A-*coordonnée* x_A, A-*coordonnée-densité* $x_A^\star$ de ce vecteur les quasi-vecteurs $\mathrm{Proj}_p\vec{x}$, $\mathrm{Proj}_p\vec{x}/\mu(p)$ et les quasi-nombres $(\mathrm{Proj}_p\vec{\omega}, \vec{x})$, $(\mathrm{Proj}_p\vec{\omega}, \vec{x})/\mu(p)$ respectivement. Nous démontrons que $\vec{x}_A \approx \vec{\omega}_A x_A^\star$ et $\vec{x}_A \approx \vec{\omega}_A \mathrm{val}_A \Xi$ où $\Xi(x)$ est une fonction $\vec{\omega}$ image du vecteur $\vec{x}$. Les formules suivantes subsistent : $\mathrm{Proj}_e\vec{x} = \mathbf{S}_e\vec{x}_A = \mathbf{S}_e\vec{\omega}_A x_A^\star = \mathbf{S}_e\vec{\omega}_A \mathrm{val}_A \Xi$;

$$(\vec{x}, \vec{y}) = \mathbf{S}_I(\vec{x}_A, \vec{y}_A) = \mathbf{S}_I \overline{x_A^\star} y_A^\star (\vec{\omega}_A, \vec{\omega}_A) = \mathbf{S}_I \overline{x_A^\star} y_A^\star \mu_A = \mathbf{S}_I \overline{\mathrm{val}_A \Xi}\, \mathrm{val}_A \mathrm{H}\, \mu_A$$

(généralisations des développements de Fourier et de Parceval). Si l'on applique la formule $\vec{x} = \mathbf{S}_I \vec{\omega}_A^\star \mathrm{val}_A \Xi \mu_A$ aux fonctions ω-images, on obtient, pour presque tous les X, $\Xi(X) = \mathbf{S}_I \Omega_A^\star(X)\, \mathrm{val}_A \Xi\, \mu_A$ où, $\Omega_A(X)$ est une *quasi-fonction* définie par $\Omega_q(X)/\mu(q)$, où $\Omega_q(X) = 0$ lorsque $X \bar{\in} q$ et $\Omega_q(X) = 1$ lorsque $X \in q$. Cette formule peut être mise sous la forme

$$\Xi(X) = \mathbf{S}_I \Xi(A)\, \Omega_A^\star(X)\, \mu_A, \tag{1}$$

si $\Xi(X)$ est continue. La formule (1) ressemble à la formule connue de M. P. A. M. Dirac.

CALCUL SYMBOLIQUE. — *Sur les solutions d'équations intégrales dont les noyaux renferment des polynomes d'Hermite.* Note (¹) de M. **Maurice Parodi.**

I. Soit l'équation intégrale

$$\frac{p}{2^{n+1}\sqrt{\pi}} \int_0^\infty e^{-\frac{p^2 z}{4}} \mathrm{He}_n\left(\frac{p\sqrt{z}}{2}\right) z^{\frac{n-1}{2}} \varphi\left(\frac{1}{z}\right) dz = \theta(p) \qquad n > 0, \tag{1}$$

où $\varphi(p)$ est l'inconnue et He_n le polynome d'Hermite d'ordre n.

Supposons que $\varphi(p)$ et $\theta(p)$ soient les images respectives de deux

(¹) Séance du 10 mars 1947.

fonctions $f(t)$ et $g(t)$; le membre de droite de l'équation (1) a pour image $t^n f(t^2)$; il apparaît par suite que (1) est l'image de la relation

$$t^n f(t^2) = g(t)$$

dont la solution en $f(y)$ est, en posant $t^2 = y$,

$$f(y) = \frac{g(\sqrt{y})}{y^{\frac{n}{2}}}.$$

Une solution $\varphi(p)$ de (1) sera donc l'image de $f(y) = g(\sqrt{y})/y^{n/2}$.

Dans un travail antérieur ([2]), nous avons donné l'expression de l'image de $g(\sqrt{})$ en fonction de celle de $g(y)$; il vient

$$g(\sqrt{y}) \supset \Phi(p) = \frac{1}{\sqrt{\pi p}} \int_0^\infty \left\{ e^{\frac{i\lambda^2}{2p}} \frac{\theta[\lambda(1+i)]}{1+i} + e^{-\frac{i\lambda^2}{2p}} \frac{\theta[\lambda(1-i)]}{1-i} \right\} d\lambda.$$

Cela étant, deux cas se présentent pour le calcul de $\varphi(p)$.

a. $n/2$ est entier; une relation symbolique classique donne

$$\varphi(p) = p \int_p^\infty \cdots \int_p^\infty \frac{\Phi(p)}{p} (dp)^n.$$

b. $n/2$ est fractionnaire; sans restreindre la généralité du problème, nous pouvons supposer $n/2 < 1$; il vient alors

$$\varphi(p) = \frac{p}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \int_0^\infty \frac{\Phi(p+\beta)}{p+\beta} \beta^{\frac{n}{2}-1} d\beta,$$

car, pour μ compris entre 0 et 1, il est facile de montrer que si $\varphi(p) \subset f(t)$, on a

$$(2) \qquad \frac{f(t)}{t^\mu} \supset \frac{p}{\Gamma(\mu)} \int_0^\infty \frac{\varphi(p+\beta)}{p+\beta} \beta^{\mu-1} d\beta.$$

Par définition

$$\frac{\varphi(p+\beta)}{p+\beta} = \int_0^\infty e^{-(p+\beta)z} f(z)\, dz$$

donc

$$\frac{p}{\Gamma(\mu)} \int_0^\infty \frac{\varphi(p+\beta)}{p+\beta} \beta^{\mu-1} d\beta = \frac{p}{\Gamma(\mu)} \int_0^\infty e^{-pz} f(z)\, dz \int_0^\infty e^{-\beta z} \beta^{\mu-1} d\beta = p \int_0^\infty e^{-pz} \frac{f(z)}{z^\mu} dz,$$

ce qui établit la relation (2).

II. Soit l'équation en $\varphi(p)$

$$(3) \qquad \frac{p}{2^{n+1}\sqrt{\pi}} \int_0^\infty e^{-\frac{p^2 z}{4}} \mathrm{He}_n\left(\frac{p\sqrt{z}}{2}\right) z^{\frac{n-1}{2}} \varphi\left(\frac{1}{z}\right) dz = \varphi(p).$$

([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 91.

En supposant $\varphi(p) \supset f(t)$, l'équation (3) est l'image de

$$t^n f(t^2) = f(t),$$

dont une solution particulière est $f(t) = t^{-n}$. En supposant $0 < n < 1$, on aura donc

$$\varphi(p) = \Gamma(1-n) p^n.$$

III. Soit l'équation en $\varphi(p)$

$$(4) \qquad \frac{p}{2^{n+1}\sqrt{\pi}} \int_0^\infty e^{-\frac{p^2 z}{4}} \mathrm{H}e_n\left(\frac{p\sqrt{z}}{2}\right) z^{\frac{n-1}{2}} \varphi\left(\frac{1}{z}\right) dz = 2\varphi(p) \qquad (0 < n < 1).$$

Elle peut être considérée comme l'image de la relation

$$t^n f(t^2) = 2f(t),$$

dont une solution s'écrit

$$f(t) = t^{-n} \log t.$$

Compte tenu de la correspondance symbolique

$$t^k \log t \supset \frac{\Gamma(1+k)}{p^k}\left[\frac{\Gamma'(1+k)}{\Gamma(1+k)} - \log p\right] \qquad \mathrm{R}(k) > -1,$$

on obtient la solution de (4) :

$$\varphi(p) = p^n \Gamma(1-n)\left\{\frac{\Gamma'(1-n)}{\Gamma(1-n)} - \log p\right\}.$$

IV. Ces considérations permettent de trouver des solutions d'équations analogues à (1) où le second membre prend la forme $g(t) + f(t)$ ou $g(t) + 2f(t)$.

TOPOLOGIE. — *Sur les réseaux de courbes sans point singulier tracés sur une surface de genre* 1. Note (¹) de Mme **Pierre-Louis Dubois-Violette**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

I. Considérons d'abord une *surface* S *de genre* $p \geq 1$, sans singularité, couverte par un réseau R de courbes tel que par tout point de S, à l'exception d'un nombre fini de points $P_1, P_2, \ldots, P_i$, passe une courbe du réseau et une seule. Les points $P_1, P_2, \ldots, P_i$ sont dits points singuliers du réseau.

Soit un orbe (courbe fermée simple) φ tracé sur S. On peut fixer pour un orbe φ quelconque un sens positif de parcours. Il y aura alors λ courbes de R tangentes à φ à gauche de l'observateur et μ courbes tangentes à C à droite de l'observateur. Si nous supposons en outre que φ ne passe par aucun point singulier du réseau, nous attacherons à C *un nombre* $j = \lambda - \mu$ *ou pseudo-indice de* φ.

Dans le cas particulier où φ limite sur S une aire simplement connexe, Poincaré a défini l'indice i de φ qui est lié à j par la relation $j = \pm(2 - 2i)$.

(¹) Séance du 3 mars 1947.

II. *Étude du nombre j des orbes tracés sur une surface* S *de genre* 1 *couverte par un réseau de courbes disjointes, ne présentant pas de point singulier.* — Il est commode de représenter S sur un plan P. Considérons deux familles F_1 et F_2 d'orbes tracés sur S et telles qu'un cycle quelconque C_1 de F_1, et un cycle quelconque C_2 de F_2 forment rétrosection.

On fait correspondre les deux familles de courbes F_1 et F_2 à deux familles orthogonales de droites parallèles G_1 et G_2 du plan P. A un cycle C_1 de F_1 correspond une infinité de droites D_1^i de F_1, la distance entre deux droites voisines étant constante et égale à δ. De même, à un cycle C_2 de F_2 correspond une infinité de droites D_2^j, la distance entre deux droites voisines étant égale à δ.

Pour faciliter le langage, nous dirons que C_1 est un parallèle et C_2 un méridien de S.

Le réseau de courbes tracé sur S sera représenté en totalité à l'intérieur d'un carré de côté δ dont les côtés sont portés par des droites de G_1 et G_2.

D'autre part la disposition d'ensemble dans tout le plan sera un réseau de courbes doublement périodique et sans point singulier.

Soit φ *un orbe quelconque rencontrant p fois un parallèle* C_1 *et q fois un méridien* C_2. Nous supposons qu'il est impossible de trouver un domaine simplement connexe dont la frontière soit formée par un arc de φ et un arc de C_1 ou de C_2 (à condition de ne pas prendre C_1 ou C_2 en totalité). Cette hypothèse ne restreint pas la généralité de ce qui suit, car, si elle n'était pas vérifiée on pourrait remplacer φ par déformation continue, par un orbe φ' satisfaisant à cette condition et pour lequel les nombres p' et q' analogues à p et q seraient inférieurs ou égaux à p et à q.

L'orbe φ est alors représenté sur le plan P par une courbe joignant deux sommets opposés d'un rectangle dont les côtés sont portés par G_2 et G_1 et ont pour longueurs $p\delta$ et $q\delta$.

En étudiant une telle représentation on peut observer les théorèmes suivants.

Théorème I. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe un orbe* φ *correspondant à un couple de nombres p et q donné est que p et q soient premiers entre eux.*

Il existe alors *deux familles* d'orbes, topologiquement distinctes, répondant à la question.

La démonstration utilise le *lemme* suivant : *il est impossible d'avoir* $p = q \neq 1$.

Théorème II. — *Deux orbes topologiquement équivalents ont même nombre j.*

Théorème III. — *Si* j_1 *est le pseudo-indice des parallèles,* j_2 *celui des méridiens et j celui de* φ, *on a :* $j = \pm pj_1 \pm qj_2$.

Remarque. — Les signes + ou — dépendent de la convention faite pour orienter φ. Pour l'une des deux familles correspondant à p et q, on a $j = \pm(pj_1 + qj_2)$ et pour l'autre $j = \pm(pj_1 - qj_2)$.

THÉORÈME IV. — *Si* $j_1 = j_2 = 0$, *on a, quel que soit* φ, $j = 0$. *Si le pseudo-indice est nul pour deux orbes formant rétrosection, il sera nul pour tout orbe tracé sur* S.

Ceci est vérifié, *en particulier, si les parallèles et les méridiens sont sans contact.*

THÉORÈME V. — Si les parallèles ou les méridiens ont un pseudo-indice non nul, il existera un couple et un seul de nombres p et q premiers entre eux, tel que l'on ait

$$pj_1 \pm qj_2 = 0.$$

Par suite, *il existera une famille et une seule d'orbes ayant un pseudo-indice nul.*

Parmi les orbes de pseudo-indice nul, *il en existe une infinité qui sont sans contact.*

THÉORÈME VI. — *Si* j_1 *et* j_2 *ont pour* P. G. C. D. α, α *sera un diviseur du pseudo-indice d'un orbe quelconque.*

Si l'on considère une rétrosection formée par un orbe de pseudo-indice nul et un orbe de pseudo-indice j', le pseudo-indice d'un orbe quelconque tracé sur S est $j = p_1 \times 0 + q_1 \times j' = q_1 . j'$.

Ce qui montre que $j' = \alpha =$ P. G. C. D. de tous les nombres j.

III. *Étude du réseau* R *de courbes, tracé sur une surface de genre* 1, *lorsque le réseau est sans point singulier et que* $j \not\equiv 0$ *pour tous les orbes tracés sur* S. — La rétrosection génératrice du quadrillage est constituée par un orbe sans contact et un orbe C_1 de pseudo-indice j_1.

En étudiant la loi de conséquence des points de rencontre d'une courbe du réseau avec le périmètre d'un carré élémentaire du quadrillage, on montre qu'*il existe pour le réseau* R *au moins* j_1 *cycles limites.*

Les cycles limites sont topologiquement équivalents aux orbes de pseudo-indice nul. *Chaque cycle limite rencontre* C_1 *une fois et une seule. Enfin, entre deux contacts consécutifs et de même nature de* C_1 *avec le réseau* R *de courbes, il passe toujours au moins un cycle limite.*

On peut aussi étudier directement la disposition des courbes du réseau en prenant pour base du quadrillage une rétrosection quelconque dont les orbes ont pour indice j_1 et j_2.

On montre ainsi que chaque cycle limite rencontre les orbes constituant la rétrosection en j_1/α et j_2/α points. Deux points de rencontre, consécutifs sur l'un des orbes de la rétrosection, avec un même cycle limite, étant séparés par un arc de pseudo-indice α de l'orbe envisagé.

GÉOMÉTRIE. — *Dix nouveaux polyèdres semi-réguliers, sans plan de symétrie.* Note de MM. **Jean Lesavre** et **Raymond Mercier**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans le cours de la présente Note, triangle désigne un triangle équilatéral, pentagone un pentagone régulier convexe, et pentacle un pentagone régulier étoilé.

Archimède connaissait deux polyèdres semi-réguliers, ne possédant aucun élément de symétrie inverse, c'est-à-dire aucun plan de symétrie, aucun centre de symétrie :

a. un polyèdre ayant les axes de répétition du cube, 24 sommets, 38 faces et 60 arêtes. En chaque sommet sont assemblés un carré principal, c'est-à-dire perpendiculaire à un axe quaternaire; un triangle principal, c'est-à-dire perpendiculaire à un axe ternaire, et trois triangles accidentels. Ces derniers, au nombre de 24, s'assemblent deux à deux pour former un toit dont l'arête est perpendiculaire à un axe binaire;

b. un polyèdre ayant les axes de répétition du dodécaèdre (ou de l'icosaèdre) régulier, 60 sommets, 92 faces et 150 arêtes. En chaque sommet, sont assemblés un pentagone principal, un triangle principal et trois triangles accidentels.

De tels polyèdres de symétrie strictement directe sont dits gyrogones. Leurs angles polyèdres en chaque sommet sont directement superposables; ils présentent de plus un plan de symétrie, bien que l'ensemble du polyèdre n'en admette aucun. Ces polyèdres existent sous deux formes, droite et gauche, non superposables, symétriques l'une de l'autre par rapport à un plan.

Nos études nous ont permis de trouver cinq gyrogones étoilés, qui paraissent n'avoir jamais été signalés. Ils ont tous les mêmes axes de répétition que le dodécaèdre régulier. Ce sont :

a. trois polyèdres ayant 60 sommets, 92 faces et 150 arêtes. En chaque sommet sont assemblés un pentacle principal, un triangle principal et trois triangles accidentels. Ces cinq polygones peuvent s'assembler de trois façons différentes autour d'un sommet, d'où les trois polyèdres. L'assemblage peut être étoilé (n° 1) ou convexe (n° 2), ou encore présenter un repliement, une sorte de boucle analogue à un « 8 » (n° 3).

b. deux polyèdres ayant 60 sommets, 84 faces et 150 arêtes. En chaque sommet sont assemblés un pentagone et un pentacle principaux et trois triangles accidentels. Ces cinq polygones peuvent s'assembler de deux façons différentes autour d'un sommet. L'assemblage peut être convexe (n° 4) ou former une boucle (n° 5). A la différence des trois précédents polyèdres, les sommets de ces deux derniers ne présentent aucun plan de symétrie.

Nous avons calculé pour ces polyèdres divers éléments. Le rapport a/R de l'arête au rayon de la sphère circonscrite passant par les sommets a les valeurs suivantes :

$$1.\ \frac{a}{R}=1,7241.\qquad 2.\ \frac{a}{R}=1,2253.\qquad 3.\ \frac{a}{R}=1,5503.$$

$$4.\ \frac{a}{R}=0,7846.\qquad 5.\ \frac{a}{R}=1,1742.$$

(valeurs approchées à 1/10 000 près).

Les polyèdres 1, 2 et 4 sont respectivement de 37ᵉ, 7ᵉ et 3ᵉ espèces. En raison du caractère particulier des sommets, la notion d'espèce est moins précise dans le cas des polyèdres 3 et 5 et ne peut être définie que moyennant certaines conventions assez artificielles.

Le polyèdre gyrogone étoilé signalé par Badoureau (1) n'existe pas.

Une transformation par polaires réciproques par rapport à la sphère inscrite transforme ces polyèdres gyrogones, à sommets superposables, en polyèdres gyroèdres à faces égales. Il y a donc deux gyroèdres convexes, l'un du système cubique, connu des minéralogistes, et l'autre du système ternoquinaire.

Il y a donc aussi cinq gyroèdres étoilés, tous du système ternoquinaire. Les faces des trois premiers admettent un axe de symétrie; mais les faces des deux derniers n'ont aucun élément de symétrie. Le rapport du diamètre du cercle inscrit dans une face au rayon de la sphère tangente aux arêtes a la même valeur que le rapport a/R, donné ci-dessus pour le polyèdre gyrogone correspondant.

Jusqu'à plus ample information, les polyèdres semi-réguliers de symétrie strictement directe (hémiédrie énantiomorphe) sont :

1° les deux gyrogones convexes d'Archimède et leurs correspondants gyroèdres;

2° les cinq gyrogones étoilés, objet de la présente Note, et leurs correspondants gyroèdres.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une propriété fondamentale des fonctions de corrélation.* Note de MM. **André Blanc-Lapierre** et **Robert Fortet**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $x(t)$ une fonction aléatoire réelle d'un paramètre t $(-\infty < t < +\infty)$ qui, dans les applications, pourra souvent être interprété comme un temps. Nous supposons $x(t)$ stationnaire au sens de Kintchine (1), c'est-à-dire tel que soient satisfaites les hypothèses suivantes :

---

(1) *Mémoire sur les figures isoscèles* (*Journ. de l'École Polytechnique*, XLIX Cahier, 1881, p. 112).

(1) *Math. Annalen*, 109, 1934, p. 604.

1° L'espérance mathématique $\overline{x(t)} = m$ ne dépend pas de t (on supposera $m = 0$);

2° $\overline{x(t_1)x(t_2)} = \rho(t_1, t_2) = \rho(\tau)$ ne dépend que de la différence $t_1 - t_2 = \tau$ et nous supposerons $\rho(0) = 1$;

3° $x(t)$ est stochastiquement continu, d'où il découle que $\rho(\tau)$ est uniformément continu.

Khintchine a démontré le résultat suivant ([2]) :

THÉORÈME. — $\rho(\tau)$ *est une fonction caractéristique.*

Nous nous proposons de montrer comment la méthode des filtres linéaires ([3]) que nous avons déjà exposée et utilisée permet de donner une démonstration très simple et très physique de ce théorème.

Démonstration. — 1° Supposons d'abord que $\rho(\tau)$ a une transformée de Fourier $A(\nu)$ continue et absolument intégrable de 0 à $+\infty$. Il en sera ainsi en particulier si $\rho(\tau)$ possède des dérivées des deux premiers ordres avec

$$\rho[+\infty] = 0, \quad \rho'[+\infty] = 0,$$

$|\rho'|$ et $|\rho''|$ intégrables de $-\infty$ à $+\infty$ (hypothèses H). L'étude de la transformation de $x(t)$ par un filtre $\mathcal{R}$ conduit aux relations suivantes :

$$(1) \qquad y(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(\theta) R(t-\theta)\, d\theta = \mathcal{R}[x(t)]; \qquad G(\nu) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-2i\pi\nu t} R(t)\, dt$$

[R absolument sommable de $-\infty$ à $+\infty$; $G(\nu)$ gain du filtre]

$$(2) \qquad \rho(\tau) = \int_0^{\infty} A(\nu) \cos 2\pi\nu\tau\, d\nu \qquad [\text{définition de } A(\nu)]$$

et

$$(3) \quad \overline{y^2(t)} = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \overline{x(\theta)x(\theta')} R(t-\theta) R(t-\theta')\, d\theta\, d\theta' = \int_0^{\infty} |G(\nu)|^2 A(\nu)\, d\nu.$$

La dernière intégrale qui représente $\overline{y^2}$ ne peut être négative, et cela *quel que soit le filtre* $\mathcal{R}$; on en déduit facilement, en s'appuyant sur la continuité de $A(\nu)$, que $A(\nu)$ n'est jamais négatif. Il en découle directement que $\rho(\tau)$ est la fonction caractéristique associée à la densité de probabilité $A(\nu)$ correspondant à une répartition sur le demi-axe positif des ν.

2° Si les hypothèses H ne sont plus satisfaites, *adoucissons* $x(t)$ par l'opération

$$(4) \qquad z_{\Delta t}(t) = \frac{1}{\Delta t} \int_t^{t+\Delta t} x(\theta)\, d\theta.$$

$z_{\Delta t}(t)$ possède une dérivée en moyenne quadratique et, par suite,

---

([2]) M. Loeve a également donné une démonstration de cette proposition. Voir *Sur les fonctions aléatoires stationnaires de second ordre* (*Revue Scientifique*, 1945, p. 297).

([3]) A. Blanc-Lapierre et R. Fortet, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 467; **222**, 1946, p. 713; **222**, 1946, p. 1270.

$\overline{z_{\Delta t}(t) z_{\Delta t}(t-\tau)}$ est au moins deux fois dérivable en τ. D'autre part, si $\Delta t \to 0$, $z_{\Delta t}(t)$ converge en moyenne quadratique vers $x(t)$. Considérons alors l'expression

$$\rho_{\Delta t}(\tau) = \overline{z_{\Delta t}(t) z_{\Delta t}(t-\tau)} . e^{-\Delta t \tau^2}. \quad (5)$$

On voit aisément que ce produit est une fonction de corrélation. Elle satisfait aux hypothèses H. C'est donc, à un facteur $\rho_{\Delta t}(0)$ près, facteur qui pour Δt petit reste très peu différent de 1, une fonction caractéristique. Si $\Delta t \to 0$, la fonction caractéristique $\rho_{\Delta t}(\tau)/\rho_{\Delta t}(0)$ converge vers $\rho(\tau)$ pour tout τ, et la convergence est uniforme dans tout intervalle borné en τ comprenant l'origine. Le théorème de continuité de Paul Lévy ([4]) permet alors d'affirmer que $\rho(\tau)$ est aussi une fonction caractéristique.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE. — *Sur les lois générales du circuit de régulation et leur comparaison à celles du circuit électrique.* Note ([1]) de M. **Gilbert Nasse.**

Un circuit de régulation, au sens complet du mot, est formé d'un ensemble d'éléments constituant des branches et des mailles à l'image du circuit électrique.

I. Les éléments considérés peuvent se classer en deux catégories distinctes : *a.* des éléments semi-libres sur lesquels agissent des grandeurs indépendantes, ou grandeurs libres, dont les variations perturbent les grandeurs réglées et rendent nécessaires des actions de réglage; *b.* des éléments dépendants sur lesquels aucune grandeur libre n'agit. Les machines ou appareils à régler se classent dans la première catégorie; les régulateurs et les intermédiaires se classent dans la seconde.

Dans le cadre de la transformation de Laplace, les relations fondamentales de ces deux catégories d'éléments sont

$$T(\rho) = \frac{1}{P_L} T(\gamma) + [I]_L \quad (1)$$

pour les éléments semi-libres,

$$T(\sigma) = P_D T(\varepsilon) - \frac{[I]_D}{\varphi_\sigma} \quad (2)$$

pour les éléments dépendants, en désignant par ρ et γ les valeurs réduites de la grandeur d'entrée et de la grandeur de sortie d'un élément semi-libre; ε et σ les valeurs réduites de la grandeur d'entrée et de la grandeur de sortie d'un élément dépendant; P_L et P_D les rapports de transmission d'un élément semi-libre et d'un élément dépendant; $[I]_L$ la transformée de l'évolution de la

([4]) *Théorie de l'addition des variables aléatoires*, Paris, 1937.

([1]) Séance du 3 mars 1947.

grandeur libre et des conditions initiales d'un élément semi-libre; $[I]_{\upsilon}/\varphi_{\sigma}$ la transformée des conditions initiales d'un élément dépendant ramenée à la sortie de cet élément.

Chaque branche du circuit de régulation peut être considérée comme constituée par un seul élément appartenant à l'une de ces deux catégories. Les relations (1) et (2) représentent les relations fondamentales d'une branche suivant la catégorie de l'élément qui s'y trouve.

II. Les différentes branches sont réunies entre elles par des points de jonction qui jouent le rôle des sommets dans le circuit électrique. Chaque point de jonction du circuit de régulation peut être :

Soit un point de *composition* qui établit entre les n grandeurs provenant des n branches qui convergent en ce point, une seule relation linéaire de forme

$$\varepsilon_n = a_1\varepsilon_1 + a_2\varepsilon_2 + \ldots + a_{n-1}\varepsilon_{n-1}, \tag{3}$$

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n$ étant les n grandeurs considérées.

Soit un point de *distribution* qui établit entre les n grandeurs provenant des n branches qui convergent en ce point $n-1$ relations linéaires de forme

$$\varepsilon_n = a_1\varepsilon_1 = a_2\varepsilon_2 = \ldots = a_{n-1}\varepsilon_{n-1}. \tag{4}$$

Le nombre des relations linéaires définies par un point de jonction est appelé *ordre* de ce point.

Les relations (3) et (4) jouent, dans le cas du circuit de régulation, le rôle de la première loi de Kirchhoff dans le cas du circuit électrique.

III. Pour qu'un assemblage d'éléments et de points de jonction constitue un circuit de régulation, il faut que le nombre total des relations définies par ces éléments et ces points de jonction soit égal au nombre total des grandeurs d'entrée et de sortie contenues dans ces éléments.

Si l'on représente par b le nombre des branches du circuit, par p le nombre des points de composition, par q le nombre des points de distribution d'ordre $m_1 m_2 \ldots m_q$, cette condition sera satisfaite si l'on a

$$b = p + \sum_{1}^{q} m_i, \tag{5}$$

(5) représente la condition de compatibilité des éléments et points de jonction constitutifs d'un circuit de régulation. Cette condition n'existe pas dans le cas du circuit électrique.

IV. L'application des relations (1), (2), (3) et (4) aux différents éléments et points de jonction qui constituent une maille du circuit de régulation, permet d'écrire une relation entre la transformée d'une grandeur de la maille prise comme grandeur de référence, les transformées des grandeurs qui pénètrent dans la maille aux points de composition, les rapports de transmission des éléments et

les tranformées de l'évolution des grandeurs libres et des conditions initiales des éléments de la maille.

Dans le cas d'une maille composée

d'un premier élément semi-libre défini par... $T(\rho_1) = \frac{1}{P_{L_1}} T(\gamma_1) + [I]_{L_1}$,

d'un premier point de composition » » ... $T(\gamma_3) = a_1 T(\gamma_1) + a_2 T(\gamma_2)$,

d'un élément dépendant » » ... $T(\sigma_3) = P_{D_3} T(\gamma_3) - \frac{[I]_{D_3}}{\varphi_{\sigma_3}}$,

d'un point de distribution » » ... $T(\rho_4) = a_3 T(\sigma_3)$,

d'un second élément semi-libre » » ... $T(\rho_4) = \frac{1}{P_{L_4}} T(\gamma_4) + [I]_{L_4}$,

d'un second point de composition » » ... $T(\rho_1) = a_4 T(\gamma_4) + a_5 T(\gamma_5)$,

il vient, en choisissant γ_1 comme grandeur de référence

$$(6) \qquad \begin{aligned} &(P_{L_1} a_4 P_{L_4} a_3 P_{D_3} a_1)\, T(\gamma_1) - T(\gamma_1) + (P_{L_1} a_4 P_{L_4} a_3 P_{D_3} a_2)\, T(\gamma_2) + P_{L_1} a_5 T(\gamma_5) \\ &\quad = P_{L_1}[I]_{L_1} + (P_{L_1} a_4 P_{L_4})[I]_{L_4} + (P_{L_1} a_4 P_{L_4} a_3) \frac{[I]_{D_3}}{\varphi_{\sigma_3}}. \end{aligned}$$

Cette relation s'interprète comme suit :

L'excès de la transformée de la grandeur de référence après circulation le long de la maille sur la transformée de cette grandeur avant circulation, augmenté des circulations partielles des transformées des grandeurs qui entrent dans la maille aux points de composition, est égal à la somme des transformées de l'évolution des grandeurs libres et des conditions initiales des éléments de la maille ramenées au point de mesure de la grandeur de référence.

C'est la loi des mailles qui joue, dans le cas du circuit de régulation, le rôle de la seconde loi de Kirchhoff dans le cas du circuit électrique.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Contribution à l'étude des profils avec fentes d'aspiration.* Note [1] de M. **Albert Toussaint**, présentée par M. Joseph Pérès.

Un profil comportant une fente d'aspiration en S dérive d'un cercle C, de rayon a, comportant un puits double $-m/\pi$ en S' antécédent de S et une source simple $+m/2\pi$ en O, centre de C. Soit $a e^{i\sigma}$ l'affixe de S' dans le plan ζ du cercle C. Pour Oξ parallèle à la vitesse $-V_0$ de l'infini amont et pour une circulation Γ, le potentiel et la vitesse complexes seront

$$(1) \qquad F(\zeta) = -V_0\zeta - \frac{a^2 V_0}{\zeta} - \frac{i\Gamma}{2\pi}\log\zeta - \frac{m}{\pi}\log(\zeta - a e^{i\sigma}) + \frac{m}{2\pi}\log\zeta,$$

$$(2) \qquad \frac{dF}{d\zeta} = -V_0 + \frac{a^2 V_0}{\zeta^2} - \frac{i\Gamma}{2\pi\zeta} - \frac{m}{\pi(\zeta - a e^{i\sigma})} + \frac{m}{2\pi\zeta}.$$

En un point P' d'affixe $\zeta = a e^{i\theta}$, la vitesse $V_{P'}$ sera

$$(3) \qquad \frac{V_{P'}}{V_0} = 2\sin\theta + \frac{\Gamma}{2\pi a V_0} - \frac{m}{2\pi a V_0}\cot\!g\,\frac{\theta - \sigma}{2}.$$

[1] Séance du 3 mars 1947.

Nous poserons $\Gamma/2\pi a V_0 = \overline{\Gamma}$ et $m/2\pi a V_0 = \overline{m}$; $\overline{m}$ est relié au coefficient unitaire d'aspiration de la fente du profil, soit $C_q = Q/V_0 S = Q/V_0 l$, par la relation

$$\overline{m} = \frac{2}{\pi}\frac{4a}{l}C_q = \frac{2}{\pi}(1+\eta E)C_q. \tag{4}$$

D'après (3), il existera sur le cercle C au moins deux points de vitesse nulle et plus généralement trois dont les arguments β sont les solutions de l'équation

$$\overline{\Gamma} = -2\sin\beta + \overline{m}\cot\frac{\beta-\sigma}{2}. \tag{5}$$

Les solutions que nous avons obteuues pour diverses valeurs de $\overline{m}$, et en particulier pour $\overline{m} = 0{,}02$, permettent l'énoncé des propriétés suivantes :

Hypercirculation et hypocirculation dues au fonctionnement des fentes d'aspiration. — Quand l'argument σ du puits S′ varie de π/2 à 3π/2, on obtient sur le cercle C deux points de vitesse nulle en aval, soient B'_2 et B'_3 et un point de vitesse nulle en amont, soit B'_1. Le point B'_3 est très voisin de S′. Le point B'_2 peut être adopté comme antécédent de la pointe des profils. La direction B'_2O est ainsi le premier axe des profils. Soit i l'incidence correspondante.

Pour les profils dérivés de C, la circulation de Joukoswky sera

$$\Gamma_0 = 4\pi a V_0 \sin i,$$

d'où

$$\overline{\Gamma}_0 = \frac{\Gamma_0}{2\pi a V_0} = 2\sin i. \tag{6}$$

On constate que la circulation $\overline{\Gamma}$, avec fente d'aspiration, diffère de $\overline{\Gamma}_0$, et la différence $\Delta\overline{\Gamma} = \overline{\Gamma} - \overline{\Gamma}_0$ caractérise l'effet de la fente d'aspiration. Cette différence est maximum quand les points B'_2 et B'_3 sont confondus.

En outre, $\Delta\overline{\Gamma}$ est positif (hypercirculation) quand la fente S est située à l'extrados du profil; $\Delta\overline{\Gamma}$ est négatif (hypocirculation) quand S est à l'intrados.

Par exemple, dans le cas d'une fente à l'extrados, on a le tableau :

σ	+165°	+172°	+177°	±180°	−177°	−165°	−150°
$\beta_2 = \beta_3$	+173°	±180°	−175°	−172°	−169°	−156°	−141°
i	− 7°	0°	+ 5°	+ 8°	+ 11°	+ 24°	+ 39°
$\overline{\Gamma}_0$	−0,243	0	+0,174	0,278	0,382	0,813	1,258
$\overline{\Gamma}$	+0,043	0,286	0,460	0,564	0,668	1,068	1,505
$\Delta\overline{\Gamma}$	0,286	0,286	0,286	0,286	0,286	0,255	0,247
arc B'_2S'	8°	8°	8°	8°	8°	9°	9°

On voit que, *pour les incidences usuelles,* l'hypercirculation maximum est indépendante de l'incidence et correspond à une fente d'extrados au voisinage immédiat du bord de fuite. Ainsi l'arc $B'_2S' = 8°$ pour $\overline{m} = 0{,}02$.

Pour des valeurs de $\overline{m}$ plus petites, la fente serait encore plus en arrière, car

on a sensiblement

(7) $$\text{arc}\,B'_2S' \cong 56{,}5\sqrt{\overline{m}} = 56{,}5\sqrt{\frac{2C_q}{\pi(1+\eta E)}}.$$

La valeur de $\Delta\overline{\Gamma}$ maximum varie avec $\overline{m}$ suivant la relation

(8) $$\Delta\overline{\Gamma} \cong 2{,}02\sqrt{\overline{m}} = 1{,}61\sqrt{C_q(1+\eta E)}.$$

La puissance dépensée pour produire une aspiration C_q étant proportionnelle à $(C_q)^3$, l'obtention d'un $\Delta\overline{\Gamma}$ donné doit être économiquement recherchée par l'emploi de deux ou plusieurs fentes fonctionnant chacune à un C_q modéré. Pour une fente d'aspiration située à l'intrados au voisinage du bord de fuite, l'hypocirculation obtenue comporte des conclusions analogues. Toutefois la valeur maximum est un peu plus faible que dans le cas du $\Delta\overline{\Gamma}$ positif.

Distribution des vitesses sur les profils avec fente d'aspiration. — Les vitesses sur un profil avec fente sont modifiées principalement par la valeur du $\Delta\overline{\Gamma}$ est accessoirement par la présence de la fente dont les survitesses sont localisées au voisinage immédiat de la fente.

Sustentation globale des profils avec fente d'aspiration. — L'application des formules de Blasius, compte tenu de la présence du puits en S', donne, pour la sustentation globale,

(9) $$R_y = \rho V_0\Gamma(1-\overline{m}) = \rho V_0(\Gamma_0+\Delta\Gamma)(1-\overline{m}).$$

Ainsi dans le cas où $\Delta\overline{\Gamma}$ est positif, l'hypersustentation sera

(10) $$\Delta R_y = R_y - \rho V_0\Gamma_0 = -\overline{m}\rho V_0\Gamma_0 + \rho V_0\Delta\Gamma(1-\overline{m}).$$

Soit

(11) $$\Delta C_y = -\overline{m}C_{y_0} + \pi(1+\eta E)\Delta\overline{\Gamma}(1-m)$$

et, en tenant compte de (4) et (8), on aura pour les incidences usuelles

(12) $$\Delta C_y = -\frac{2C_q}{\pi(1+\eta E)}C_{y_0} + 5{,}1\sqrt{(1+\eta E)C_q}\left[1-\frac{2C_q}{\pi(1+\eta E)}\right].$$

Aussi pour $\overline{m}=0{,}02$, soit $C_q=0{,}034$ avec $1+\eta E=1{,}1$, on obtient $100\,\Delta C_y = 97{,}5 - 0{,}02(100\,C_{y_0})$.

Les valeurs expérimentales s'accordent avec ces valeurs théoriques.

Résistance globale des profils avec fente d'aspiration. — La formule de Blasius donne

(13) $$R_x = \rho\frac{m^2}{2\pi a} = \rho\overline{m}^2\,2\pi a V_0^2,$$

(14) $$\Delta C_x = \pi(1+\eta E)\overline{m}^2 = 1{,}273\frac{C_q^2}{1+\eta E}.$$

HYDRAULIQUE. — *Sur les changements de régime dans les canalisations. Mesures instantanées des caractéristiques.* Note (1) de M. **Louis A. Sackmann**, présentée par M. Henri Villat.

A. Position du problème. — Les changements de régime d'écoulement comptent parmi les phénomènes les plus typiques de la Mécanique des fluides expérimentale, tant par l'observation qualitative de leur transition, que par l'étude quantitative de leurs discontinuités. Ils intéressent et illustrent les deux grands chapitres de la *Résistance à l'avancement des obstacles,* et de l'*Écoulement des fluides dans les canalisations.*

Ces phénomènes présentent le caractère commun du passage réversible, et alterné, des états laminaire et turbulent de la couche limite : ils se produisent au voisinage d'un nombre de Reynolds critique R_c, qui sépare les deux domaines de stabilité des régimes subissant le passage; pour cette valeur critique, les deux régimes alternants sont également probables et se succèdent avec un rythme imprévisible; lorsque le nombre de Reynolds s'écarte de cette frontière, par valeurs croissantes ou décroissantes, la prédominance de l'un ou de l'autre des deux régimes possibles va en augmentant, jusqu'à l'établissement d'un régime unique, définitivement stable aux nombres de Reynolds, supérieur ou inférieur.

Corrélativement, ces changements de régime (obstacles ou canalisations) provoquent une modification progressive des caractéristiques quantitatives (coefficients de résistance à l'avancement ou de perte de charge).

Dans la pratique courante, la détermination de ces coefficients (basée, selon le cas, sur des équilibres de forces ou des mesures de débit-pression) s'étend sur des durées finies, généralement très longues par rapport aux durées d'existence des régimes composants. On aboutit ainsi à la définition de *coefficients moyens en fonction d'un nombre de Reynolds lui-même moyen*, ce qui se traduit graphiquement par l'obtention d'un *raccord* d'apparence continue, entre les branches extrêmes des régimes définitifs, mais dont les écarts révèlent, néanmoins, la présence d'une transition.

Si cette façon d'étudier et d'interpréter les phénomènes est parfaitement compatible avec les besoins habituels des applications techniques, se basant au premier chef, sur les données du *phénomène moyen*, elle constitue pourtant un *nivellement* du *phénomène réel*, dont on supprime les *pointes* résultant des passages successifs. Notons en passant que les instruments de mesure nécessitent souvent un amortissement puissant (balances, manomètres etc.).

De là, nous concluons que, seules les *mesures instantanées* nous four-

(1) Séance du 10 mars 1947.

niront des renseignements précis sur la nature réelle du phénomène qui, dans le cas de la résistance à l'avancement, se complique par la naissance de vibrations.

B. Rappel des résultats sur la résistance a l'avancement. — Nous avons en effet étudié antérieurement un cas particulier des changements de régime sur les obstacles ([2]), en examinant une maquette d'aile au voisinage de l'angle de perte de vitesse, où le régime aérodynamique subit manifestement de profonds changements : les pesées moyennes habituelles, fournissant une branche unique et descendante de la polaire classique, étaient remplacées par des mesures instantanées, réalisées avec une balance spéciale.

L'étude sélective portant sur les deux régimes participants montrait alors, pour ce domaine, que la polaire se dédouble suivant deux branches distinctes, ordinaire et extraordinaire, avec des probabilités d'existence complémentaires, donnant une représentation fidèle et complète du phénomène réel.

C. Principe des mesures instantanées dans les canalisations. — Aussi, avons-nous pensé soumettre l'écoulement dans les canalisations à une étude semblable, en cherchant parmi les méthodes de mesure qui interviennent, celles qui sont susceptibles de donner des indications instantanées précises : pour analyser fidèlement le phénomène du changement de régime; pour en déduire les valeurs des caractéristiques effectives du moment.

L'objet d'une telle étude est, en effet, double :

1° *Étude sélective du changement de régime*, par la détermination des caractéristiques extrêmes de perte de charge, au cours de la transition;

2° *Étude statistique générale du phénomène*, par l'enregistrement, en fonction du temps, des variables vitesse et pression.

Les expériences sont faites avec de l'eau de ville.

Nos mesures de vitesse instantanée sont ramenées à celles de la portée horizontale du jet libre parabolique s'échappant de la canalisation d'étude, ce qui permet indifféremment, soit la mesure isolée, soit l'enregistrement.

Quant aux coefficients de perte de charge, nous les calculons à partir de la perte de charge totale, maintenue constante pour chaque expérience, mais nécessitant la correction de force vive, facile à évaluer pour chaque cas.

Enfin, la variable de similitude étant le nombre de Reynolds construit sur la vitesse de débit, on déduira sa valeur moyenne du débit d'écoulement, tandis qu'on fixera sa valeur instantanée d'après la vitesse du moment.

D. Dispositif expérimental. — L'appareil est dérivé de celui de

([2]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1019.

Reynolds, avec réservoir d'alimentation continue et charge motrice réglable par trop-plein; la canalisation est constituée par un tube de verre horizontal.

La portée du jet est lue grâce à un quadrillage, centré optiquement sur l'orifice de sortie du tube d'écoulement. Ce mode opératoire, très simple, a été contrôlé en s'adressant à un régime nettement établi, à l'extérieur de la transition : ainsi, en régime turbulent, les vitesses déduites des mesures instantanées (portée du jet) diffèrent de moins de 1 % de celles tirées des mesures moyennes (débit); en régime laminaire ralenti, nous avons rencontré quelques difficultés dues aux actions capillaires des jets liquides.

E. RÉSULTATS ET CONCLUSIONS. — Les premières mesures instantanées, faites selon le processus décrit, nous ont montré le résultat suivant :

Pour un débit donné en régime transitoire, les alternances du jet libre, irrégulières en durée, mais constantes en portée, définissent deux vitesses instantanées extrêmes, et conduisent donc à un dédoublement du point représentatif moyen de la perte de charge tirée du débit d'écoulement.

Dans une prochaine publication, nous rapporterons les résultats détaillés de cette scission par l'étude sélective complète de la transition.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Un aspect des difficultés du formalisme des particules de spin supérieur à 1/2.* Note (1) de M. **EDMOND ARNOUS.**

Je voudrais attirer l'attention sur une formule très générale, probablement nouvelle, que j'ai établie dans ma Thèse (2), et utiliser cette formule pour mettre en lumière un aspect des difficultés qui surgissent lorsqu'on veut former, pour les particules de spin supérieur à 1/2, des densités de valeur moyenne ayant les variances relativistes voulues.

Considérons un système mécanique dans l'état ψ et une observable dont la loi de probabilité, pour cet état, est une loi absolument continue. Si A désigne l'opérateur self-adjoint attaché à cette observable et $\delta(A)$ l'opérateur

$$\delta(A) = \lim_{N \to \infty} \frac{\sin 2\pi N A}{\pi A}$$

(qui généralise la fonction de Dirac), alors la densité de répartition $\rho_A(x)$ de la loi de A est donnée par le produit scalaire

$$\rho_A(x) = [\psi, \delta(A - x)\psi].$$

Cette formule me paraît intéressante parce qu'elle met en évidence la

(1) Séance du 10 février 1947.

(2) *Thèse de doctorat*, Paris, C. D. U., 1946, formule (48), p. 49, et *Comptes rendus*, **228**, 1944, p. 108.

fonction δ qui est responsable en grande partie, comme on sait, des difficultés du formalisme des particules de spin supérieur à 1/2. Elle nous donne ainsi l'espoir de faire disparaître une partie de ces difficultés en modifiant légèrement la fonction δ pour lui donner une forme plus étalée qui reflète mieux le caractère étendu ou complexe de la particule ([3]). Nous pourrions même en profiter, semble-t-il, pour introduire dans δ certains termes matriciels qui permettraient de donner à la probabilité de présence la variance relativiste que l'on obtient en écrivant, par exemple, pour les particules de spin 1, avec M. Louis de Broglie

$$\rho(x)=\sum_{k,l}\overline{\Psi}_{k,l}\,\frac{a_4^{(1)}+a_4^{(2)}}{2}\,\Psi_{k,l}.$$

où $a_4^{(1)}$ et $a_4^{(2)}$ sont les matrices bien connues. Malheureusement cet espoir semble devoir être abandonné et voici pourquoi.

Pour simplifier, raisonnons sur la densité de probabilité de présence $\rho(x)$. Nous pouvons l'écrire, σ étant une grandeur positive

$$\rho(x)=\lim_{\sigma\succ 0}\int\overline{\Psi(q)}\,\frac{\sin\frac{2\pi}{\sigma}(q-x)}{\pi(q-x)}\,\Psi(q)\,dq.$$

Remplaçons maintenant $\delta(x)$ par la densité de la loi de Gauss

$$\rho(x)=\lim_{\sigma\succ 0}\int\overline{\Psi(q)}\,\frac{\exp-\frac{1}{2}\left(\frac{q-x}{\sigma}\right)^2}{\sqrt{2\pi}\sigma}\,\Psi(q)\,dq,$$

et plaçons-nous dans le cas d'une particule obtenue par fusion de n corpuscules de spin 1/2. Si nous voulons que $\rho(x)$ puisse être considéré comme la composante de temps d'un quadrivecteur densité-flux de probabilité, *il importe peu évidemment que nous fassions tendre σ vers zéro ou vers une valeur* $\sigma_0\neq 0$ qui jouerait le rôle de rayon de la particule. Si nous voulons que $\rho(x)$ ait la variance voulue, il suffit par contre de remplacer σ par la matrice de composantes

$$\theta_1=\sigma_1 a_4^{(2)}\ldots a_4^{(n)},\qquad \theta_2=a_4^{(1)}\sigma_2 a_4^{(3)}\ldots a_4^{(n)},\qquad \ldots,\qquad \theta_n=a_4^{(1)}\ldots a_4^{(n-1)}\sigma_n.$$

En effet, les relations évidentes

$$(\theta_p)^2=\sigma_p^2\qquad\text{et}\qquad\frac{1}{a_4^{(p)}}=a_4^{(p)}$$

nous permettent d'écrire ρ sous la forme

$$\rho(x)=\sum_p\lim_{\sigma_p\succ 0}\int\sum_{k,l\ldots}\overline{\Psi_{k,l\ldots}(q)}\,\frac{l}{n}\,\frac{\exp-\frac{1}{2}\left(\frac{q-x}{\theta_p}\right)^2}{\sqrt{2\pi}\theta_p}\,\Psi_{k,l\ldots}(q)\,dq,$$

([3]) Ceci revient, si l'on veut, à remplacer les familles spectrales E_x de Neumann par des familles plus générales, et vraisemblablement, la logique à trois valeurs par une logique plus générale encore.

qui a, comme on sait, la variance voulue, mais qui n'est pas définie positive. L'origine des termes négatifs saute maintenant aux yeux. Ils proviennent de la nécessité de représenter le *rayon* de la particule, non point par un scalaire σ ou par n scalaires σ_p positifs, mais par une grandeur de composantes $\theta_1, \ldots, \theta_n$.

Est-il possible d'éviter cette difficulté? En tous cas, on ne voit pas bien comment, car elle ne paraît pas dépendre de la fonction par laquelle on remplace δ. Elle subsiste, par exemple, si l'on remplace δ par le *doublet* $\delta'(q-x)$, ou la loi de Gauss par la loi à deux bosses

$$\frac{(q-x)^2}{\sqrt{2\pi\sigma^3}} \exp - \frac{(q-x)^2}{2\sigma^2}.$$

Il semble donc impossible de former des densités de valeurs moyennes tout à fait satisfaisantes et ayant les variances voulues, si l'on conserve aux équations d'évolution leur forme habituelle.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Intégrale du premier ordre.* Note (1) de M. Robert Faure.

Dans cette Note, nous nous proposons de préciser la correspondance entre la mécanique classique et la mécanique ondulatoire, au point de vue des intégrales premières du premier ordre.

Nous avons effectué l'étude de cette correspondance pour un système mécanique dont l'Hamiltonien classique est de la forme

$$H = \frac{1}{2}\sum A_i p_i^2 + u,$$

admettant une intégrale première classique F indépendante du temps

$$F = \sum_i Q_i p_i,$$

A_i, h_i, u étant des fonctions de l'ensemble des coordonnées du système, F satisfaisant à l'équation aux dérivées partielles

$$(1) \qquad \sum_i \left(\frac{\partial F}{\partial p_i}\frac{\partial H}{\partial q_i} - \frac{\partial F}{\partial q_i}\frac{\partial H}{\partial p_i} \right) = 0.$$

On obtient en mécanique classique les relations

$$(I) \qquad \sum h_i \frac{\partial u}{\partial q_i} = 0,$$

$$(II) \qquad \frac{1}{2}\sum_i h_i \frac{\partial A_k}{\partial q_i} - A_k \frac{\partial h_k}{\partial q_k} = 0,$$

$$(III) \qquad A_i \frac{\partial h_k}{\partial q_i} + A_k \frac{\partial h_i}{\partial q_k} = 0.$$

(1) Séance du 3 mars 1947.

Nous avons pu démontrer qu'au système correspondant en mécanique quantique pour lequel

$$H = -\frac{h^2}{8\pi^2}\sum A_i \frac{\partial^2}{\partial q_i^2} + A_i \frac{\partial}{\partial q_i}\log\sqrt{g}\,A_i + u,$$

on peut associer une intégrale première au sens de la mécanique ondulatoire de la forme

$$A = -\frac{h}{2\pi i}\sum h_i \frac{\partial}{\partial q_i}.$$

La condition

$$(2)\qquad AH - HA = 0$$

fournit en effet les équations (I), (II), (III), ainsi que les conditions supplémentaires

$$\text{(IV)}\qquad \sum_i h_i \frac{\partial}{\partial q_i}\left(A_k \frac{\partial}{\partial q_k}\operatorname{Log} A_k\sqrt{g}\right) - \sum A_i \frac{\partial^2 h_k}{\partial q_i^2} + A_i \frac{\partial}{\partial q_i}\operatorname{Log} A_i\sqrt{g}\,\frac{\partial h_k}{\partial q_i} = 0,$$

g étant le déterminant de la forme quadratique

$$ds^2 = \sum a_i\, dq_i^2\, 2 = 2T\, dt^2,$$

nous avons pu montrer que les équations (II), (III) étaient compatibles avec (IV), par suite que l'équation (2) est compatible avec (1) quel que soit h.

Il y a lieu de noter qu'en mécanique classique une intégrale première linéaire correspond toujours à un déplacement virtuel du système et que l'on voit ainsi apparaître en mécanique quantique l'intérêt de ces déplacements pour l'étude du système.

La correspondance étudiée dans un cas particulier du ds^2 de l'espace de Riemann associé se généralise aisément au cas où l'Hamiltonien provient d'une force vive classique quelconque

$$2T = \sum a_{ik} q'_i\, q'_k.$$

A l'intégrale classique de la forme F *correspond une intégrale quantique* A *et réciproquement.*

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Signification possible de la limitation à 4 du nombre des composantes de la fonction d'onde de Dirac.* Note (¹) de M. **Georges Bodiou.**

I. *Énoncé statistique de la condition d'anticommutation.* — On a démontré qu'elle s'écrit $\left[\beta\vec{A}_i, \vec{A}_k\right] = 0$ (pour i et k de même signe) ou que si

$$\Psi = \sum_i (xi|)\vec{A}_i,$$

(1) Séance du 3 mars 1947.

avec tous les $\vec{A}_i$ de même signe il faut et il suffit qu'on ait

$$\left[\beta\vec{\Psi}, \vec{\Psi}\right] = 0 \qquad \text{quels que soient les } (x i|).$$

Or un tel état $\vec{\Psi}$ est caractérisé par la propriété :

$$\left[\alpha\vec{\Psi}, \vec{\Psi}\right] = \pm\rho(x) \qquad \text{(densité de probabilité de présence).}$$

car pour tout autre état on trouve

$$-\rho_{(x)} < \left[\alpha\vec{\Psi}, \vec{\Psi}\right] < \rho_{(x)},$$

d'où l'énoncé : pour que deux opérateurs anticommutent il faut et il suffit que la densité de moyenne de l'un soit nulle dans tout état où la densité de moyenne de l'autre est maximum en valeur absolue; ou dans tout état propre pour l'autre.

II. *Cas des opérateurs* α_1, α_2, α_3 *de Dirac.* — On sait que (relations de Breit)

$$\dot{x} = c\alpha_1, \qquad \dot{y} = c\alpha_2, \qquad \dot{z} = c\alpha_3,$$

les composantes de la vitesse quantique $\dot{x}$, $\dot{y}$, et $\dot{z}$ sont donc trois opérateurs anticommutants dont les valeurs propres sont $\pm c$.

La condition d'anticommutation apparaît alors comme la forme quantique de l'un des postulats fondamentaux de la relativité restreinte, à savoir que toute vitesse de corpuscule est bornée par la vitesse de la lumière; cet énoncé quantique serait :

Les composantes de la vitesse sont bornées (en valeur absolue) par la vitesse c de la lumière, et si l'une d'elles atteint cette valeur dans un certain état, les autres sont nulles en moyenne dans cet état.

III. *Signification de la limitation à 4 des composantes de la fonction d'onde.* — L'évolution des composantes Ψ_k de la fonction d'onde est déterminée d'après Dirac par les équations

$$\text{(D)} \qquad \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\Psi_k}{\partial t} + (\dot{x}p_1 + \dot{y}p_2 + \dot{z}p_3 + \alpha_4 mc^2)\Psi_k = 0,$$

(α_4 étant un quatrième opérateur anticommutant avec les précédents).

Postulons alors que la seule condition à laquelle soient astreintes les composantes $\dot{x}$, $\dot{y}$, $\dot{z}$ pour pouvoir être introduites dans ces équations, qui permettent de calculer la variation infinitésimale de la fonction d'onde, est celle d'anticommutation. Autrement dit nous voulons, en dehors de la condition d'anticommutation, imposée par sa signification physique, laisser la plus grande indétermination possible aux composantes de la vitesse, comme il est aussi physiquement normal.

Alors il suit des calculs résumés dans la Note précédente que cette exigence ne peut être satisfaite que si la fonction d'onde a seulement quatre composantes; avec un nombre supérieur l'introduction du quatrième opérateur α_4 ne

pourrait se faire qu'en imposant aux $\dot{x}$, $\dot{y}$, $\dot{z}$ des conditions distinctes de celle énoncée plus haut.

IV. Cela suppose que l'on ne choisit pas l'interprétation spinorielle qui considère que les α_i sont des *matrices fixes*, à savoir celles qui sont liées aux vecteurs du système coordonné dans le 4-pode orthonormal local (Cartan, *Leçons sur les spineurs*, I, p. 55, et II, p. 60).

Cette interprétation fait entrer les ψ_k dans l'espace ordinaire en tant que spineurs et supprime l'autonomie de l'espace des probabilités complexes (ou espace des phases).

Elle suppose d'ailleurs que l'on attribue aux relations d'anticommutation, non une origine stochastique, mais une origine géométrique, comme le montrent les essais d'extension à un espace de Riemann (pour les γ de Neuman) sous la forme $\gamma_i\gamma_j + \gamma_j\gamma_i = 2g_{ij}$ qui n'est autre chose que la forme symétrique quantique des relations géométriques classiques $\vec{\gamma}_i \cdot \vec{\gamma}_j = g_{ij}$. Cette interprétation n'est donc pas essentiellement probabiliste.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Définition d'un repère privilégié en mécanique ondulatoire.* Note de M^lle **Jeannine Viard**.

1. Étant donné un anneau $\mathcal{A}$ et une variable X sur un sous-ensemble $\mathcal{E}$ de cet anneau, on considère une fonction abstraite F(X) qui, à toute valeur de X appartenant à $\mathcal{E}$, fait correspondre un élément $Y = F(X)$ d'un sous-ensemble $\mathcal{F}$ de l'anneau $\mathcal{A}$. La fonction F sera dite *différentiable* par rapport à la variable δX si au triple $(X, \delta X, F)$ formé par une variable X, une variable δX définie sur un sous-ensemble $\mathcal{G}$ de $\mathcal{A}$ appelée *variation de* X et la fonction abstraite F, on peut faire correspondre univoquement une fonction abstraite δF définie sur un sous-ensemble $\mathcal{H}$ de $\mathcal{A}$ et jouissant des propriétés suivantes :

1° si $F(X) = G(X)$ alors $\delta F = \delta G$;

2° si $F(X) = X$ alors $\delta F = \delta X$;

3° si $F(X) = G(X) + F(X)$ alors $\delta F = \delta G + \delta H$;

4° si $F(X) = G(X).H(X)$ alors $\delta F = G(X).\delta H + \delta G.H(X)$;

5° si $F(X) = K$ (K élément constant de $\mathcal{A}$) alors $\delta F = 0$;

6° si $G = G(Y)$ et $Y = F(X)$ alors $\delta_X G = \delta_Y G$, c'est-à-dire que la différentielle de G considérée comme fonction de Y est égale à la différentielle de G considérée comme fonction de X. La fonction abstraite δF ainsi définie est appelée *variation de* F.

Une fonction F(X) sera dite *stationnaire* pour $X = X_0$ si pour cette valeur de la variable la variation δF est nulle lorsque δX parcourt l'ensemble $\mathcal{G}$.

Plus généralement une fonction abstraite F fonction de n variables $X_1, \ldots, X_n$ sera dite *stationnaire* lorsque, pour un système de valeurs $X_1^0, \ldots, X_n^0$ des variables, la variation δF est nulle, les variations $\delta X_1, \ldots, \delta X_n$ prenant toutes les valeurs possibles.

2. On constate que par suite des non-commutations une fonction abstraite quelconque F ne pourra pas être rendue stationnaire au sens où nous venons de le définir. Considérons une fonction F de la forme

$$F = A_d X_d X_g A_g + B_d X_g + X_d B_g + C;$$

on lui fait correspondre sa variation qui, d'après ce qui précède, s'écrit

$$\delta F = A_d X_d \,\delta X_g A_g + A_d \,\delta X_d X_g A_g + B_d \,\delta X_g + \delta X_d B_g,$$

ce qu'on peut écrire

$$\delta F = (A_d X_d A_g + B_d)\,\delta X_g + \delta X_d (A_d X_g A_g + B_g) + \delta K,$$

le terme δK représentant les termes venant des non-commutations de δX_g et δX_d avec A_g et A_d.

On appelle *pseudo-variation* de la fonction F la quantité

$$\delta_r F = \delta F - \delta K.$$

La fonction F est alors dite *pseudo-stationnaire* pour les systèmes de valeurs X_d^0, X_g^0 qui annulent sa pseudo-variation, δX_d et δX_g parcourant l'ensemble de toutes les valeurs possibles.

3. Si l'on considère la force vive relative d'un système évaluée par rapport à un repère non-commutatif non-holonome T en mouvement quantique par rapport au repère fondamental, cette force vive relative se présente comme une fonction des p_d, q_d, r_d, p_g, q_g, r_g composantes des rotations droite et gauche (1) de la forme envisagée ci-dessus. On cherche à déterminer un repère privilégié qui rende pseudo-stationnaire la force vive relative.

Si l'on se limite au cas des axes orthonormés, la condition pour que la force vive relative soit pseudo-stationnaire s'écrit

$$\begin{aligned}
\Sigma m_i(y'_{d,i} z_{g,i} - z'_{d,i} y_{g,i}) &= \Sigma m_i(z_{d,i} y'_{g,i} - y_{d,i} z'_{g,i}) = 0,\\
\Sigma m_i(z'_{d,i} x_{g,i} - x'_{d,i} z_{g,i}) &= \Sigma m_i(x_{d,i} z'_{g,i} - z_{d,i} x'_{g,i}) = 0,\\
\Sigma m_i(x'_{d,i} y_{g,i} - y'_{d,i} x_{g,i}) &= \Sigma m_i(y_{d,i} x'_{g,i} - x_{d,i} y'_{g,i}) = 0.
\end{aligned}$$

Ces six conditions expriment que les composantes sur les axes mobiles des moments cinétiques relatifs droit et gauche (1) sont nulles.

Par des combinaisons linéaires convenables, ces conditions se transforment en les suivantes exprimées en fonction des quantités relatives aux axes fixes

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned}
&\Sigma m_i(Y_i^2 + Z_i^2) P_g - \Sigma m_i X_i Y_i Q_g - \Sigma m_i X_i Z_i R_g = \Sigma m_i(Y'_i Z_i - Z'_i Y_i) + K_x,\\
&P_d \Sigma m_i(Y_i^2 + Z_i^2) - Q_d \Sigma m_i X_i Y_i - R_d \Sigma m_i X_i Z_i = \Sigma m_i(Y_i Z' - Z_i Y') + L_x,
\end{aligned}\right.$$

et les quatre équations analogues obtenues par permutation circulaire. Les quantités K_x et L_x désignent ici des termes purement quantiques.

---

(1) M. CAZIN et J. VIARD, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 452.

Les équations (1) ne peuvent pas être résolues rigoureusement par suite de la présence des termes K_x et L_x. On emploie alors une méthode d'approximations successives. On appelle *solide principal d'approximation zéro* le repère défini (lorsqu'il existe) par les équations (1) dans lesquelles on a fait $L_x = K_x \equiv 0$. On reporte alors les solutions obtenues dans les équations exactes, et ainsi de suite.

ASTROPHYSIQUE. — *Le spectre de Nova* T Coronæ Borealis *en février* 1947. Note (¹) de Mlle **Marie Bloch**, présentée par M. Bernard Lyot.

Les observations de Nova T *Coronæ Borealis*, interrompues en septembre 1946, en raison de la proximité du Soleil, ont été reprises en février 1947, à l'Observatoire de Haute Provence. L'étoile étant environ de 10e magnitude, son spectre n'a encore pu être photographié que dans la région 3800-5100 Å, sur plaques Guilleminot *Superfulgur*, avec le spectrographe à un prisme monté sur le télescope de 120cm d'ouverture.

L'aspect général rappelle celui qui a été observé à la fin d'avril 1946, lors du premier minimum (²).

Le spectre continu, assez intense, est profondément entamé par les bandes d'absorption dégradées vers le rouge de l'oxyde de titane et par de très nombreuses raies métalliques. Les bandes 1-0, 2-0 et 3-1 du système $C^3\Pi - X^3\Pi$, dont les arêtes sont respectivement à 4955, 4761 et 5804 Å, sont les plus apparentes de TiO. Parmi les plus fortes raies métalliques, on peut citer 3950 Å (Fe I), 4110 Å (Fe I), 4226 Å (Ca I), 4250 Å (Fe I), 4254 Å (Cr I), 4307 Å (Ca I, Fe I, Ti II), 4326 Å (Fe I), 4404 Å (Fe I, Ti II).

A ce spectre très caractéristique d'une étoile d'un type M avancé, se superposent un grand nombre de raies d'émission. Les plus intenses sont celles de l'hydrogène, de He II (avec 4686 Å très brillante) et de N III (4640 Å, très forte, et 4097 Å sont les seules présentes, en accord avec le mécanisme de sélection de Bowen). Viennent ensuite la raie 4363 Å de [O III], le doublet 3868-3968 Å de [Ne III], le doublet de [S II] (4068 Å plus intense que 4075 Å), les raies de He I (4713, 4472, 4026 Å), C II 4267 Å, N II 3995 Å et Ca II 3933 Å.

Les raies permises et interdites de Fe II sont nombreuses, mais bien moins fortes que dans les spectres antérieurs. La superposition d'un spectre d'absorption complexe au spectre d'émission rend difficile l'identification des raies les plus faibles.

Il convient de signaler particulièrement le cas des raies de [O III]. La raie aurorale $^1D - {}^1S$, à 4363 Å, est, comme on l'a déjà vu, la plus forte des raies

(¹) Séance du 10 mars 1947.

(²) M. Bloch, J. Dufay, Ch. Fehrenbach et Tcheng Mao-Lin, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 134; *Annales d'Astrophysique* (sous presse).

interdites dans tout le domaine spectral étudié. On observe aussi, avec une intensité moindre, mais encore notable, la raie nébulaire $^3P_2 - {}^1D$, à 5007 Å, dans une région où la sensibilité des plaques employées est déjà plus faible. Mais, comme sur tous les clichés pris depuis l'apparition de la raie 5007 Å (mars 1946), la seconde raie nébulaire $^3P_1 - {}^1D$, à 4959 Å, reste pratiquement invisible ([2]). Or, les transitions $^3P_1 - {}^1D$ et $^3P_2 - {}^1D$ admettant le même niveau supérieur, le rapport des intensités des deux raies doit toujours être égal au rapport des probabilités de transition, soit 0,35 ([3]). Le comportement anormal des deux raies nébulaires ne peut guère s'expliquer que par un phénomène d'absorption dû aux bandes de l'oxyde de titane.

La raie 4959 Å est en effet distante de 4 Å seulement de l'arête de la plus forte bande de TiO (1-0 à 4955 Å), tandis que la raie 5007 Å est à 8 Å de l'arête de la bande 2-0, qui est bien plus faible (intensités 6 et 3 d'après Fowler ([4]).

On pense généralement que Nova T *Coronæ* est un système double, dont une composante serait une géante rouge, avec les bandes et les raies d'absorption habituelles; l'autre, la Nova proprement dite, avec les nombreuses raies d'émission. Dans cette hypothèse, il faudrait admettre que la seconde étoile est occultée en permanence depuis un an par l'atmosphère de la géante rouge. L'hypothèse d'une étoile unique conduirait à une interprétation encore plus étrange, puisqu'il faudrait alors admettre que l'émission des raies interdites de O III se produit dans une couche plus profonde que l'absorption par les molécules de l'oxyde de titane.

PHYSICO-LOGIQUE. — *Adéquation et développement dialectique des théories physiques.* Note ([1]) de Mme **Paulette Destouches-Février**.

1. Dans une Note récente ([2]) nous avons défini l'adéquation d'une proposition par rapport à un champ expérimental, ainsi qu'un calcul d'adéquation A; d'un théorème énoncé dans cette Note, il résulte que *des théories physiques peuvent toujours être unifiées en une théorie au moins aussi adéquate que les théories à unifier et qui est construite sur un calcul des propositions au moins aussi fort que le calcul d'adéquation* A. A cette limite d'affaiblissement du calcul des propositions dans l'unification correspond une limite à l'affaiblissement des structures formelles étudié par M. Cazin ([3]).

2. L'adéquation et l'inadéquation peuvent être considérées comme des

([3]) S. Pasternack, *Astrophysical Journal*, **92**, 1940, p. 129.
([4]) *Proceedings Royal Society*, A, **79**, 1907, p. 509.

([1]) Séance du 10 mars 1947.
([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 545.
([3]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 541 et 543.

modalités **A** et $\urcorner$ affectant les propositions; il convient de poser :

$$p \rightarrow_a q =_d \mathbf{A}p \rightarrow \mathbf{A}q; \quad p \vee_a q =_d \mathbf{A}p \vee \mathbf{A}q; \quad p \,\&_a\, q =_d \mathbf{A}p \,\&\, \mathbf{A}q$$
$$\mathbf{A}(p \rightarrow q).\rightarrow.\mathbf{A}p \rightarrow \mathbf{A}q; \quad \mathbf{A}p \rightarrow \mathbf{A}q.\rightarrow.p \rightarrow q; \quad \mathbf{A}p \rightarrow \mathbf{A}^2p; \quad \urcorner p \rightarrow \mathbf{A}\urcorner p.$$

Si le calcul des propositions considéré est le calcul classique L_0, la modalité $\urcorner$ ne peut être réduite à $\sim\mathbf{A}$; si $\urcorner =_d \sim\mathbf{A}$, alors le calcul des propositions qu'on affecte de modalités est nécessairement plus faible que L_0 et que le calcul intuitioniste. Le calcul de Johansson ([4]) n'est pas représentable en termes de modalités aristotéliciennes à réduction partielle : **A** (nécessité) et $\urcorner$ (contingence $\sim\mathbf{A}$); pour le représenter, il faut deux modalités indépendantes, sans lien par la négation $\sim$.

3. Soit un ensemble fini de résultats de mesures C_0; à C_0 on peut associer l'ensemble C des propositions déduites de celles de C_0 en appliquant les règles du calcul des propositions L_A isomorphe au calcul d'adéquation A. Désignons par **N**E l'ensemble des négations des propositions d'un ensemble E; considérons $C \cup \mathbf{N}C$ et une théorie physique consistante Th; dans une telle théorie il y a des propositions qui se déduisent des postulats P, et des propositions qui se déduisent de P et d'hypothèses complémentaires consistantes permettant de fixer des éléments demeurés indéterminés (conditions initiales par exemple).

Soient $E_{c,C}$ l'ensemble des propositions de $C \cup \mathbf{N}C$ conséquences de P, et $E_{h,C}$ l'ensemble de celles conséquences de P et de certaines hypothèses complémentaires *h*. Les propositions de $E_{c,C} \cap C$ sont *adéquates*, celles de $E_{c,C} \cap \mathbf{N}C$ seront dites *inadéquates du premier genre*, celles de $\mathbf{N}E_{c,C} \cap C$ *inadéquates du second genre* dans le cas où la règle de double négation n'est pas valable. En vertu des règles de conversion, *un désaccord entre une conséquence de* P (*ou de* P *et h*) *et une conséquence de* C *se ramène à une inadéquation du premier genre*, ce qui évite de faire intervenir les conséquences de propositions de C pour repérer une inadéquation. Les propositions de $E_{h,C} \cap C$ sont *adéquates relativement à h*, celles de $E_{h,C} \cap \mathbf{N}C$ sont *inadéquates du premier genre relativement à h*, celles de $\mathbf{N}E_{h,C} \cap C$ *inadéquates du second genre relativement à h*; si ces deux derniers ensembles sont vides, l'hypothèse *h* est dite *adéquate*; *h* est *inadéquate* si $E_{h,C} \cap C$ est vide, *partiellement* adéquate si aucun des trois ensembles n'est vide. Soit $E_{ha,C}$, $E_{hi,C}$, $E_{hp,C}$ la réunion des $E_{h,C}$ pour chacun de ces trois cas; dans l'ensemble $C \cup \mathbf{N}C$, on peut alors distinguer les 13 sous-ensembles suivants : $E_{c,C} \cap C$, $E_{c,C} \cap \mathbf{N}C$, $\mathbf{N}E_{c,C} \cap C$, $\mathbf{N}E_{c,C} \cap \mathbf{N}C$, $E_{ha,C}$, $\mathbf{N}E_{ha,C}$, $E_{hi,C}$, $\mathbf{N}E_{hi,C}$, $E_{hp,C} \cap C$, $E_{hp,C} \cap \mathbf{N}C$, $(\mathbf{N}E_{hp,C} - E_{hp,C}) \cap C$, $(\mathbf{N}E_{hp,C} - E_{hp,C}) \cap \mathbf{N}C$, $E_{r,C}$ reste de $C \cup \mathbf{N}C$, une fois retranchés les autres ensembles.

4. Si $E_{c,C} \subseteq C$ et si $E_{hp,C}$ et E_r sont vides, la théorie Th est *parfaitement* adé-

([4]) *Compositio mathematica*, 4, 1936, pp. 119 à 136; Robert Feys, *Revue néoscolastique*, Louvain, 40, 1937, pp. 517 et 553.

quate sur C; elle est *adéquate sur* C si E_r est non vide, les deux autres conditions subsistant; si $E_{c,C} \subseteq C$ et $E_{ph,C}$ non vide, la théorie est *gauchement adéquate sur* C; si $(E_{c,C} \cap NC) \cup (NE_{c,C} \cap C)$ non vide, la théorie est *inadéquate sur* C. Dans ces deux derniers cas on cherchera à modifier Th pour éliminer les inadéquations et réduire $E_{r,C}$. Pour réduire $E_{r,C}$ on peut modifier Th en adjoignant à ses postulats P, des énoncés de $C_0 \cap E_{r,C}$ (avec indépendance), mais on peut faire naître ainsi des inadéquations si Th a une logique L plus forte que L_λ. Pour éliminer les inadéquations, on peut modifier Th par affaiblissement, soit des postulats, soit de L. On peut ainsi rendre vide $E_{hp,C}$ et $(E_{c,C} \cap NC) \cup (NE_{c,C} \cap C)$, mais dans cette réduction $E_{c,C} \cap C$ et $E_{ha,C}$ sont réduits en général, tandis que $E_{r,C}$ augmente. Au point de vue purement rationnel, il serait préférable d'éviter toute inadéquation, mais le but pragmatique du physicien consiste à couvrir le plus grand champ expérimental possible, quitte à introduire des inadéquations, pour guider de nouvelles expériences. On peut concilier ces exigences : par les deux procédés indiqués, on réduit Th au mieux afin d'éviter toute inadéquation; soit Th′ ainsi obtenue. Dans $E'_{r,C} \cap C$ on prend un ensemble fini de propositions $p_1, \ldots, p_n$ pour postulats, avec L_λ comme logique, d'où une théorie Th_α sans inadéquation, dite *antithétique* de Th, et *empirique*. Certains des p_i de Th_α peuvent parfois être considérés comme valeurs $p(x_i)$ d'une fonction propositionnelle $p(x)$ qui, prise comme postulat, fournit une théorie Th_β sans inadéquation sur C, obtenue ainsi par *induction* à partir de Th_α. Il est quelquefois possible de généraliser les postulats de Th_β ou de renforcer les règles de déduction sans introduire d'inadéquation sur $E'_{r,C} \cap C$ ou même sur C. Soit Th_γ une théorie ainsi obtenue et sans inadéquation sur C; alors C est couvert par deux théories sans inadéquation : Th′ et Th_γ, qui peuvent, hors de C, se contredire. On peut alors considérer la théorie unifiante Th_u de Th′ et Th_γ, et l'on arrive à ce théorème : *On peut toujours, sur un champ expérimental donné* C, *construire une théorie parfaitement adéquate, avec* L_λ *pour logique*. Le procédé de construction de Th_u est *dialectique* (utilisation de théories antithétiques et aufhebung); les démarches en peuvent être décrites dans un *calcul dialectique*.

PHYSICO-LOGIQUE. — *Algorithme et construction d'une théorie unifiante.* Note (¹) de M. MICHEL CAZIN.

Dans une précédente Note (²) nous avons étudié la persistance des structures formelles dans le développement des théories physiques; dans le cas général, il existe une théorie unifiant des théories données (³); on a alors le théorème suivant : *Si l'on unifie les théories* $Th_1, \ldots, Th_n$, *sous-tendues*

(¹) Séance du 10 mars 1947.

(²) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 541.

(³) J.-L. DESTOUCHES, *Thèse complémentaire. Lettres*, Paris, 1938.

respectivement par des algorithmes $A_1, \ldots, A_n$, *dans la théorie unifiante* Th, *il existe un algorithme* A *qui admet des algorithmes partiels* $A_1, \ldots, A_n$ *qui sont au moins aussi faibles que ne le sont respectivement* $A_1, \ldots, A_n$. Cet affaiblissement ne saurait être indéfini, et l'on pourrait en déterminer, dans chaque cas particulier, une structure minimale. Cette structure minimale respecte d'une part les conditions dégagées par Mme Destouches-Février ([4]) à partir de la notion d'adéquation, d'autre part les conditions d'un calcul opératoriel pour les opérateurs associés aux grandeurs physiques.

M. Destouches ([5]) a indiqué un procédé pour construire une théorie unifiant des théories données; ce procédé consiste à partir d'une théorie mixte initiale, puis à utiliser successivement les méthodes d'adjonction et de correction des règles un nombre de fois au plus égal au nombre des postulats des théories données. Un autre procédé pour parvenir à une théorie unifiante peut être fondé sur notre théorème de la structure d'une théorie déductive énoncé ci-dessus :

1° On détermine les algorithmes qui sous-tendent complètement chacune des théories à unifier;

2° Dans chacun de ces algorithmes, on détermine l'algorithme partiel qui est compatible avec les algorithmes des autres théories;

3° On considère l'algorithme formé par la réunion de ces algorithmes partiels; cet algorithme sous-tend une théorie mixte des théories données; *cette théorie mixte est la meilleure qui soit compatible avec toutes les théories données*;

4° S'il y a une théorie englobante, l'algorithme mixte précédent est formé par la réunion des algorithmes sous-tendant les théories données; c'est, par suite, l'algorithme sous-tendant complètement la théorie englobante;

5° *Si, au contraire, il n'existe pas de théorie englobante, les algorithmes qui sous-tendent complètement les théories à unifier ne sont pas tous compatibles entre eux, et l'algorithme-réunion considéré ci-dessus est l'algorithme maximal compatible avec toutes les théories données. Il est un algorithme partiel de celui qui sous-tend complètement la théorie unifiante* (tous ces algorithmes sont construits sans modification des règles de la logique si ces règles sont les mêmes dans toutes les théories à unifier);

6° On détermine alors les modifications (*en nombre fini*) à faire subir à cet algorithme maximal commun, pour retrouver les algorithmes qui sous-tendent complètement chacune des théories à unifier;

7° On doit envisager alors, sous les conditions physiques données, quels

([4]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 545.
([5]) *Principes fondamentaux de Physique théorique*, I (Hermann, 1942).

sont les affaiblissements maximums que l'on peut accepter de faire subir aux algorithmes sous-tendant les théories à unifier. Ceci détermine des algorithmes partiels de chacune des théories données;

8° Si les algorithmes qu'on vient ainsi d'obtenir sont tous compatibles entre eux, on obtient, par leur réunion, un algorithme minimal pour la théorie unifiante. Dans ce cas, on devra alors examiner, parmi les affaiblissements apportés, ceux qui peuvent être atténués de façon à compléter au maximum cet algorithme minimal. On obtiendra ainsi un algorithme sous-tendant la théorie unifiante;

9° Au cas où les algorithmes déterminés dans la démarche 7° ne sont pas compatibles entre eux sous les règles de déduction adoptées, on examine si, en affaiblissant les règles de raisonnement, ces algorithmes sont compatibles entre eux. Si l'on parvient ainsi à obtenir leur compatibilité, la réunion de ces algorithmes constituera un algorithme sous-tendant la théorie unifiante. On examinera alors si l'algorithme ainsi obtenu peut être complété. Ce dernier, s'il est maximal, constituera l'algorithme sous-tendant complètement la théorie unifiante;

10° Si, par affaiblissement des règles de déduction, on ne peut rendre compatibles les différents algorithmes envisagés dans la démarche 7°, c'est que les conditions conservées comme indispensables sont trop fortes et que de nouveaux affaiblissements sont nécessaires.

Les démarches à effectuer selon cette méthode peuvent être combinées avec celles de la méthode de M. J.-L. Destouches, de façon à mieux guider la construction de la théorie unifiante. Nous examinerons ailleurs les applications de cette méthode à la résolution effective de problèmes de construction de théories physiques qui se posent actuellement.

THÉORIES PHYSIQUES. — *Les conditions de normalisation en théorie du corpuscule libre*. Note [1] de M. **Robert Murard**.

D'après les principes généraux de M. J.-L. Destouches [2], l'équation d'ondes du corpuscule libre est

$$(1) \qquad \frac{\partial\psi}{\partial t} = \mathcal{H}\psi; \qquad \frac{1}{c}\mathcal{H} = \mathbf{A}_1\frac{\partial}{\partial x} + \mathbf{A}_2\frac{\partial}{\partial y} + \mathbf{A}_3\frac{\partial}{\partial z} + \mathbf{C},$$

$\mathbf{A}_1$, $\mathbf{A}_2$, $\mathbf{A}_3$, $\mathbf{C}$ étant des opérateurs indépendants des variables et des opérateurs de dérivation. (1) est invariante pour toute transformation du groupe complet de Lorentz. ψ est une fonction de point à plusieurs composantes et peut être représentée à chaque instant par un vecteur d'un espace vectoriel ($\mathcal{E}_n$), les n composantes ψ_i de ce vecteur étant elles-mêmes des fonctions de point. Pour

(1) Séance du 10 mars 1947.

(2) *Principes fondamentaux de Physique théorique*, III (Hermann, Paris), 1942.

une transformation du groupe complet de Lorentz définissant le passage d'un observateur Ob_A à un autre Ob_B, ψ se transforme par

$$\psi_B = \mathbf{S}_{AB}\psi_A, \tag{2}$$

$\mathbf{S}_{AB}$ opérateur linéaire indépendant des variables, défini à une transformation près du groupe d'indifférence; on peut associer à $\mathbf{S}_{AB}$ un opérateur $\mathbf{S}^0_{AB}$; l'ensemble des $\mathbf{S}^0_{AB}$ définit une *représentation* du groupe complet de Lorentz. Soient $\mathbf{T}^0_{ij}$, $\mathbf{T}^0_l$, $\mathbf{S}^0_{sy}$ les opérateurs $\mathbf{S}^0$ associés aux trois rotations infinitésimales, aux trois transformations simples de Lorentz infinitésimales, et à la symétrie d'espace par rapport à l'origine.

Le principe de décomposition spectrale ([2]) permet d'utiliser la fonction ψ pour calculer les probabilités à un instant donné des diverses valeurs possibles d'une grandeur physique quelconque. On en déduit alors du principe des probabilités totales la condition dite de *normalisation*

$$\int_R \sum_i \bar{\psi}_i(M)\psi_i(M)\,d\tau_M = 1, \tag{3}$$

l'intégrale étant étendue à tout l'espace R. Cette condition (3) n'est pas invariante pour un changement quelconque de base dans l'espace vectoriel ($\mathcal{E}_n$), mais seulement pour ceux définis par une substitution unitaire. Il existe donc une famille de systèmes de vecteurs de base privilégiés dans lesquels la condition de normalisation de la fonction ψ s'exprime sous la forme (3); dans tout autre système de vecteurs de base, où les ψ_i sont les composantes de ψ, $\sum_i \bar{\psi}_i\psi_i$ prend la forme $\sum_{ij} g_{ij}\bar{\varphi}_i\varphi_j$ qui définit une forme Φ hermitique définie positive. Soit $\mathcal{G}$ la matrice d'éléments g_{ij}. 1° Une mesure initiale effectuée sur le système à un instant t_0 se traduit par la donnée d'une fonction d'ondes initiale $\psi(M, t_0)$, et (1) permet de calculer alors la fonction d'ondes $\psi(M, t)$ à un instant quelconque t postérieur à t_0. La fonction $\psi(M, t_0)$ est *a priori* normée; $\psi(M, t)$, qu'on en déduit par (1), doit être également normée à tout instant, et cela impose une condition à l'opérateur d'évolution $\mathcal{H}$. 2° Si l'on connaît à tout instant $\psi_A(M_A, t_A)$ relativement à un observateur Ob_A, on peut en déduire par (2) la fonction d'ondes $\psi_B(M_B, t_B)$ relative à un autre observateur Ob_B. Or $\psi_A(M_A, t_A)$ est normée à tout instant; il doit en être de même de $\psi_B(M_B, t_B)$, et cela impose une condition aux opérateurs $\mathbf{S}_{AB}$.

Dans un système d'axes auquel est associée la matrice $\mathbf{G}$, les conditions précédentes s'expriment par ($\Omega^\star$ désignant la transposée de Ω) :

$$(N)\quad \left\{\begin{array}{ll} \bar{\mathbf{C}}^\star\mathbf{G} - \mathbf{G}\mathbf{C} = \mathbf{O}; & \bar{\mathbf{T}}^{0\star}_{ij}\mathbf{G} + \mathbf{G}\mathbf{T}^0_{ij} = \mathbf{O}; \\ \bar{\mathbf{S}}^{0\star}_{sy}\mathbf{G}\mathbf{S}^0_{sy} - \mathbf{G} = \mathbf{O}; & \bar{\mathbf{T}}^{0\star}_l\mathbf{G} + \mathbf{G}(\mathbf{T}^0_l + \mathbf{A}_l) = \mathbf{O} \end{array}\right.$$

et $\mathbf{G}$ doit être hermitique et avoir toutes ses valeurs propres positives. Il

convient donc d'adjoindre aux *équations fondamentales* traduisant l'invariance relativiste de l'équation (1) une condition supplémentaire, d'après laquelle il doit être possible de déterminer dans le système d'axes choisi un opérateur **G** hermitique, à valeurs propres toutes positives, satisfaisant aux *conditions de normalisation* (N). On démontre alors :

THÉORÈME I. — *L'opérateur de masse* **M** *étant défini par la relation*

$$\mathbf{M} = \frac{i\hbar_0}{c}\mathbf{CS}_{sr}^{0-1},$$

toute solution du problème du corpuscule libre pour laquelle l'opérateur de masse est nul ou a des valeurs propres nulles est un cas limite d'une solution pour laquelle **M** *n'est pas nul et n'a aucune valeur propre nulle, obtenu en faisant tendre vers zéro certains paramètres restant indéterminés dans cette solution.* Si en particulier **C** ou **M** est nul, certaines des équations fondamentales disparaissent et il est alors possible de trouver des solutions étrangères du système des équations fondamentales, que le théorème précédent élimine parce qu'elles ne satisfont pas aux conditions de normalisation.

THÉORÈME II. — *Tout corpuscule auquel est associée une représentation irréductible du groupe complet de Lorentz est un corpuscule de Dirac à masse réelle.*

Les solutions du système des équations fondamentales pour lesquelles la fonction d'ondes se transforme suivant la représentation $\mathcal{D}(q+1/2, q/2)$ du groupe complet de Lorentz, ne satisfont pas au système (N) lorsque q n'est pas nul.

THÉORÈME III. — *Tout corpuscule auquel est associée une représentation du groupe complet de Lorentz complètement réductible en représentations irréductibles identiques est une superposition de corpuscules de Dirac à masse réelle.*

Ceci signifie que la solution du problème est somme directe de solutions correspondant à des corpuscules de Dirac. Cette notion de superposition traduit le fait que les prévisions évoluent de la même façon que pour un corpuscule de Dirac, les observateurs ignorant la masse du corpuscule, sachant seulement qu'elle appartient à un ensemble de valeurs possibles (valeurs propres de **M**). Le cas de représentations ne se décomposant pas complètement en représentations irréductibles identiques n'a pas été complètement étudié; il semble bien que les conditions de normalisation ne conduisent pas à une décomposition complète en solution du type Dirac. Ce cas, qui ne semble pas être réalisé, ne pourrait donc être éliminé que par un postulat supplémentaire.

CALORIMÉTRIE. — *Un régulateur de température de précision. Application à un calorimètre adiabatique.* Note (¹) de M. **Louis Weil**, présentée par M. Aimé Cotton.

Un régulateur de température ferme, en général, un circuit électrique lorsque la température devient inférieure d'une quantité ε à la température commandée t et l'ouvre lorsqu'elle a atteint $t+\varepsilon$. Un millivoltmètre mesure, par exemple, la différence de température de deux soudures d'un couple dont l'une est placée en un point moyen de l'enceinte réglée.

La puissance électrique d'appoint n'est pas répartie instantanément dans l'enceinte : le couple est en retard lors de l'échauffement; le régulateur coupe donc trop tard et la température moyenne dépasse $t+\varepsilon$. Des oscillations de température d'amplitude souvent bien supérieure à ε s'établissent.

Dans les régulateurs de vitesse des turbines qui ont fait l'objet d'études très complètes (²), on rencontre un problème analogue : c'est l'inertie des vannages et des masses tournantes qui donne lieu à des oscillations de fréquence. Pour les grosses machines, le tachymètre commande par l'intermédiaire d'un servo-moteur : on réduit les oscillations par l'*asservissement* qui oppose l'effet (la fermeture du vannage) à la cause qui lui donne naissance (le déplacement du tachymètre) et limite ainsi les écarts; dans les régulateurs de température, ceci revient à introduire, dans le circuit du couple, une force électromotrice fonction du courant de chauffe, solution classique. Pour les petites machines, on peut se servir au contraire de la régulation directe : c'est le tachymètre qui ferme, après amplification, les vannages de la turbine, sans intervention d'un relais. On sait, qu'en raison de leur insensibilité, qui équivaut à un ε grand dans le domaine qui nous intéresse, il est à peu près indispensable de les munir d'un asservissement. Enfin, ils établissent l'équilibre à une valeur de la vitesse fonction de la puissance demandée à la machine : l'écart est appelé le décrément du tachymètre.

Nous avons réalisé un régulateur de température à *régulation directe.* Pour éviter les difficultés d'asservissement gênantes pour de faibles puissances, nous avons réduit au minimum son insensibilité en utilisant un système à galvanomètre et cellule photoélectrique au lieu de commandes mécaniques. Dans les applications faites jusqu'ici de ce montage (³), le courant photoélectrique, amplifié, commandait un relais (régulation indi-

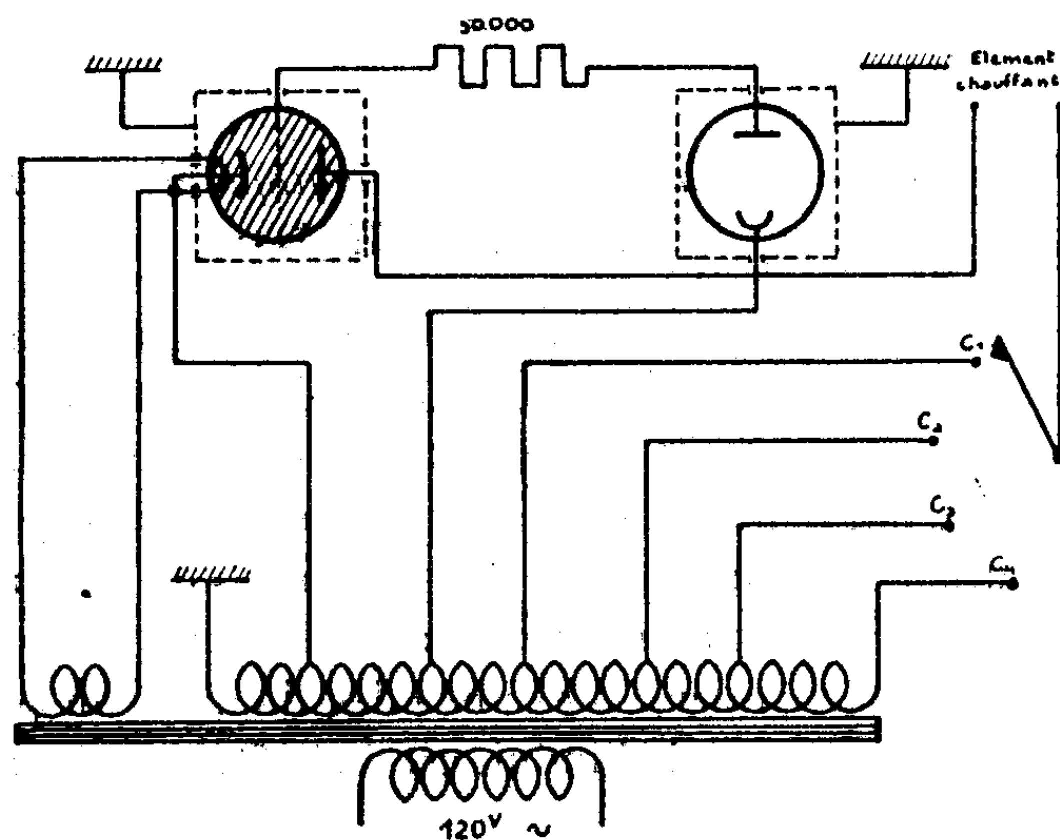
(¹) Séance du 1er mars 1947.

(²) A. Tenot, *Turbines et régulateurs automatiques de vitesse,* Livre IV, Paris, 1935 (par exemple).

(³) A. J. Ansley, *Temperature Control,* London, 1942.

recte). Nous l'avons directement utilisé pour chauffer l'enceinte réglée. *La puissance d'appoint est ainsi toujours adaptée à l'écart de température existant.* On combat ainsi les oscillations dues à l'inertie des calorifuges ou à l'agitation limitée, quand la puissance d'appoint est trop forte, sans s'exposer à des décrochages lors d'écarts importants, quand elle est trop réduite.

Le but que nous nous proposions était de maintenir l'égalité de température entre un vase calorimétrique Dewar et une enceinte isolée qui l'entourait par un chauffage de celle-ci. Une résistance d'un millier d'ohms était parcourue par le courant d'un thyratron dont le courant photoélectrique commandait la tension grille. Avec le dispositif schématisé dans la figure, on réalise sensiblement la proportionnalité du courant de chauffage



au flux lumineux tombant sur la cellule, et une fente convenablement placée rend ce dernier proportionnel aux déplacements du spot du galvanomètre.

Comme les puissances nécessaires étaient faibles, nous avons pris un thyratron T 100 G. Les prises multiples C_1, ..., C_4 permettent de faire varier la tension, donc la puissance maximum disponible. Le courant moyen ne dépasse pas 75 mA pour le T 100 G, mais nous avons fait fonctionner le même dispositif avec un TY 84 dont le courant peut atteindre 2,5 A et peut fournir ainsi une puissance d'appoint plus considérable.

Avec un tel dispositif, la valeur de ε est évidemment très petite : pour $t + \varepsilon_1$, le spot affleure la fente placée devant la cellule à moins de $0^{mm},1$, soit, avec la sensibilité du galvanomètre et du couple, à $0°,0002$ près, ce qui fixe la valeur de ε, limitée par la détermination même de la température autant que par la précision optique et mécanique du montage.

Au moment de la mise en marche, des oscillations se produisent. Elles

s'amortissent en quelques minutes jusqu'à ne plus être que de l'ordre de 0°,0001 autour d'une valeur moyenne différente de t. Ce nouvel écart reste très faible, de l'ordre du millième de degré, et représente l'équivalent du décrément du tachymètre. Au lieu de le compenser en modifiant le zéro du galvanomètre proportionnellement au courant débité par le thyratron, nous avons préféré, lorsque l'écart risquait de devenir trop grand, prendre une tension plaque supérieure ou augmenter la brillance du spot : à un même écart de température correspond alors une puissance d'appoint plus élevee.

Le dispositif ainsi réalisé nous a permis de donner à la marche de température du calorimètre une valeur constante pendant plus de 8 heures à $\pm 5.10^{-5}$ degré par minute près, d'où, avec la masse en eau utilisée, la possibilité de mettre en évidence des dégagements lents de chaleur de moins de 0,002 calorie par minute.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur la théorie mathématique des machines tournantes.* Note [1] de M. **François-H. Raymond.**

Cette Note complète la précédente [2]. On considère une machine à entrefer variable, résultant, soit des encoches dans lesquelles sont placés les bobinages, soit des *pôles localisés* sur l'induit et l'inducteur : machines à *pôles saillants*.

Les coefficients d'auto-inductance et de mutuelle inductance des phases de l'induit et les mutuelles inductances entre les phases de l'induit et l'inducteur sont alors fonction de la position relative du rotor et du stator (notion d'harmonique de denture en particulier). L'examen des données du problème montre que la matrice des inductances de l'induit est de la forme suivante

$$(1)\qquad (L_j^i)=\left(\sum_z L_{zj}^i \cos z\left[\omega_s t-\frac{2\pi}{n}\left(\frac{i+j}{2}-1\right)\right]\right)\qquad \begin{cases} z=0,\ 2,\ 4,\ \ldots,\\ i,\ j=1,\ 2,\ \ldots,\ n.\end{cases}$$

De même les composantes m_i du vecteur $\vec{m}$ ont pour expression

$$(2)\qquad m_i=\sum M_\eta \cos\eta\left[\omega_s t-\frac{2\pi}{n}(i-1)\right]\qquad \text{avec}\qquad \eta=1,\ 3,\ 5,\ \ldots.$$

Le calcul de notre précédente Note s'applique sans difficulté; on obtient

$$(3)\quad \vec{u}=\left[(Z)+\sum_\eta \frac{M_\eta^2}{4}\,\frac{\omega-\eta\omega_s}{z_{-\eta}}(N^\eta)^\star+\sum_\eta \frac{M_\eta^2}{4}\,\frac{\omega+\eta\omega_s}{z_{+\eta}}(N_\eta)\right]\vec{x}+\sqrt{-1}\,\frac{\omega}{2}[L_{2j}^i a^{-i-j-2}]\vec{x}^\star$$

où l'on a posé [3] $(Z)=(L_{0j}^i)+\delta_j^i R$, $z_{\pm\eta}=z(\omega)$, où l'on remplace ω par

---

(1) Séance du 10 février 1947.

(2) F. Raymond, *Comptes rendus*, 220, 1945, pp. 450-452.

(3) δ_j^i symbole de Kronecher, R résistance d'une phase.

$\omega \pm \eta\omega_s$. Par construction les matrices $(P_\varepsilon) = (L_{\varepsilon j}^i)$ sont *symétriques et polyphasées*. Enfin, $N_\eta = ((\tau_j^i)^\eta)$ est hermitique et polyphasée symétrique. τ_j^i est le terme général de la matrice N de la Note précédente.

Les valeurs propres de N_η sont $\lambda_k^k = 0$, sauf $\lambda_{nl-\eta}^{nl-\eta} = n$ ou $\lambda_{n-\eta}^{n-\eta} = 0$, selon que $\eta \gtrless n$. Si $\eta > n$, *l* est le plus petit entier tel que *ln* soit le nombre entier immédiatement supérieur à η.

La matrice N_η se réduit, dans le cas $n = 3$, donné à titre d'exemple, aux formes suivantes :

pour $\eta = 1$, $\eta = 3$, $\eta = 5$, $\eta = 7$,

$$\text{réduites de } N_\eta \begin{pmatrix} 0 & & \\ & 0 & \\ & & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3 & & \\ & 0 & \\ & & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & & \\ & 3 & \\ & & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & & \\ & 0 & \\ & & 3 \end{pmatrix}, \quad \ldots$$

Le terme contenant $\vec{x}^*$ distingue le fonctionnement de la machine considérée de celui étudié précédemment. La matrice par laquelle $\vec{x}^*$ est multiplié n'est pas *polyphasée. La théorie des réseaux polyphasés n'est donc pas applicable.*

Quel est l'intérêt, dans ces circonstances, de la transformation de Fortescue? Remplaçons $\vec{u}$ par $C\vec{U}$ et $\vec{x}$ par $C\vec{X}$, $\vec{U}$ et $\vec{X}$ désignant dans le système de référence de Fortescue les vecteurs $\vec{u}$ et $\vec{x}$ respectivement.

Si H désigne la matrice qui multiplie $\vec{x}^*$ dans (3) sa transformée est $C^{-1}HC = C^*HC$ puisque [2] $C^{-1} = C^*$, et l'on a

Transformées de H pour $n = 3, 4, 5, \ldots$,

$$\begin{pmatrix} . & . & \Lambda_1^1 \\ . & \Lambda_0^0 & . \\ \Lambda_1^1 & . & . \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} . & . & \Lambda_1^1 & . \\ . & \Lambda_0^0 & . & . \\ \Lambda_3^3 & . & . & . \\ . & . & . & \Lambda_2^2 \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} . & . & \Lambda_1^1 & . & . \\ . & \Lambda_0^0 & . & . & . \\ \Lambda_3^3 & . & . & . & . \\ . & . & . & . & \Lambda_2^2 \\ . & . & . & \Lambda_4^4 & . \end{pmatrix},$$

où les Λ_k^k $(k = 0, 1, \ldots, n-1)$ sont les valeurs propres de la matrice *polyphasée symétrique* $(P_2) = (L_{2j}^i)$.

Seule la composante symétrique d'ordre un (composante directe en électrotechnique) n'est pas couplée avec les autres composantes symétriques [4].

Soient $U^1 = B e^{j\psi}$, $X^1 = A e^{j\varphi}$; $(0, U^1, 0, \ldots, 0)$ et $(0, X^1, 0, \ldots, 0)$ les vecteurs $\vec{U}$ et $\vec{X}$. L'équation transformée de (3) s'écrit : $B e^{j\psi} = \lambda_1^1 A e^{j\varphi} + \Lambda_0^0 A e^{-j\varphi}$, étant λ_1^1 la valeur propre d'ordre un de la matrice multipliant $\vec{x}$ dans (3), ceci

---

[4] Les composantes symétriques des tensions et des courants n'étant pas toutes découplées, la méthode générale de calcul des réseaux symétriques déséquilibrés ne peut donc s'appliquer, comme on a coutume de le faire, en traitant séparément chaque composante symétrique (calcul des courants de court-circuits par exemple).

montre que l'impédance directe dépend de la différence de phase $\varphi - \psi$. C'est le contenu de la théorie des deux réactions de Blondel ([5]).

Supposons $\omega = \omega_s$. — La force électromotrice de la machine peut être représentée dans ce cas, par un vecteur tournant avec un rotor fictif possédant deux pôles. Si un courant continu d'excitation $y_1 = \dot{j}_0$ parcourt l'inducteur, l'ensemble des forces électromotrices à vide dans les n phases de l'induit : $\mu_i j_0 e^{j\omega_s t}$ est défini, dans le système de Fortescue, par le vecteur $(0, j_0 M \omega_s, 0, \ldots, 0)$. Nous le prenons comme origine des phases. Donc, selon que $\varphi = 0$ ou $\pm \pi/2$, la composante directe des courants dans l'induit est en phase ou en quadrature avec la force électromotrice à vide de la machine.

D'ailleurs, en supposant $\omega = \omega_s$ (machine synchrone), la méthode géométrique utilisée dans ces Notes conduit à remplacer, dans l'équation (3), la matrice multipliant $\vec{x}^\star$, désignée H, par ([6])

$$(\mathrm{H}) + \sum_{\eta} \frac{\mathrm{M}_{\eta}\mathrm{M}_{\eta+2}}{4}\,\omega_s^2(1+\eta)\left[\frac{(\mathfrak{M}_{\eta})^\star}{z_{-\eta}} + \frac{(\mathfrak{M}_{\eta})}{z_{+\eta}}\right],$$

qui n'est pas une matrice polyphasée. La théorie de Blondel se rattache par la transformée de la matrice H, à l'harmonique de rang deux des coefficients d'induction et des mutuelles inductances des n phases de l'induit, en présence de l'inducteur, et par la transformée des matrices $\mathfrak{M}_{\eta}$ aux harmoniques de structure du couplage induit-inducteur.

ÉLECTRONIQUE. — *Généralisation de certains résultats relatifs à l'interaction d'ondes progressives guidées avec un faisceau électronique.* Note ([1]) de M. **Pierre Lapostolle.**

J'ai étudié ([2]), ([3]) l'interaction entre une onde progressive guidée et un faisceau électronique, dans le cas d'ondes à symétrie de révolution d'ordre O et d'un guide sans-pertes.

Je me propose maintenant de généraliser ces résultats à une symétrie d'ordre n et de tenir compte des pertes. J'étudierai en outre le problème de la

---

([5]) J. Fallou, *Leçons d'électrotechnique générale*, vol. II. chap. XIII, § 6, Paris, Gauthier-Villars.

([6]) On a posé $(\mathfrak{M}) = (a^{\eta(j-1)-2(i-1)})$, $a = e^{\frac{2\pi\sqrt{-1}}{\eta}}$.

([1]) Séance du 3 mars 1947.

([2]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 268. Je conserverai notations et numéros de formules de cette Note.

([3]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 558. Même remarque. Le lecteur corrigera de lui-même des erreurs typographiques dans la numérotation des renvois : (3) correspond à (2), (4) à (3) et le premier (5) à (4). En outre, dans les formules (4'), (5') et (6') il faut lire μ_0 et r_0 au lieu de μ et r.

largeur de bande d'un amplificateur construit sur ce modèle et discuterai l'effet sur le gain d'une variation de vitesse du faisceau.

Symétrie d'ordre n. — L'étude de la propagation d'ondes à symétrie de répétition d'ordre n dans le faisceau conduit aux résultats suivants.

Dans le cas d'un champ magnétique focalisateur H_0 très grand, les vitesses électroniques sont encore purement longitudinales et le faisceau peut être le siège de la propagation d'ondes du type E_n ou du type H_n. Ces dernières se propageant sans modulation du faisceau électronique, ne diffèrent pas de ce qu'elles seraient dans le vide. Pour les ondes E_n les équations (1), (2)[1], (7)[2] subsistent à condition de remplacer les fonctions de Bessel d'indice o, J_0, N_0 et I_0 par des fonctions d'indice n, J_n, N_n et I_n et les fonctions J_1, N_1 et I_1 par les dérivées $-J'_n$, $-N'_n$ et I'_n. Le premier membre de l'équation (8) contiendra un terme supplémentaire rendant compte du fait que les conditions aux limites exigent maintenant la coexistence d'ondes E_n et H_n.

La discussion graphique relative aux ondes O_1 et O_2 ([2]) conduit à des résultats analogues à ceux déjà établis dans le cas d'une symétrie d'ordre O. En particulier, les formules (5′) et (6′) sont valables pour n quelconque. Pourtant, dans le cas *c.*, il y a lieu, pour obtenir le gain maximum, de prendre une vitesse de faisceau $v_0 = (u_{nm})$ légèrement inférieure à la vitesse de propagation u_{nm} des ondes dans la ligne sans faisceau. La formule (4′) devient

$$(4'') \qquad \gamma^3 = -\frac{j}{n+1}\,\frac{4}{v_0 P}\,\frac{\omega^3}{v_0^3}\left(\frac{c}{\omega r_0}\right)^2 \rho_0 \frac{e}{m}\mu_0.$$

Ligne avec pertes. — Dans un guide diélectrique, il y a lieu de considérer les pertes dans le diélectrique et les pertes dans la paroi métallique extérieure. J'ai étudié l'effet de ces deux causes d'atténuation, en particulier au voisinage des conditions de gain maximum $[v_0 \simeq (u_{nm})]$. Je me place, pour fixer les idées, dans le cas *c.*; l'équation (8) devient

$$(9) \qquad \frac{\omega\gamma}{v_0}\left[\frac{\gamma v_0}{j\omega} + \frac{\Delta v_0}{v_0} - j(\varphi_1 + \varphi_2)\right] = \pm\frac{4}{P}\,\frac{c}{(v_0 r_0)^2}\sqrt{\rho_0 \frac{e}{m}\mu_0} \qquad \text{avec} \quad \Delta v_0 = v_0 - (u_{nm}).$$

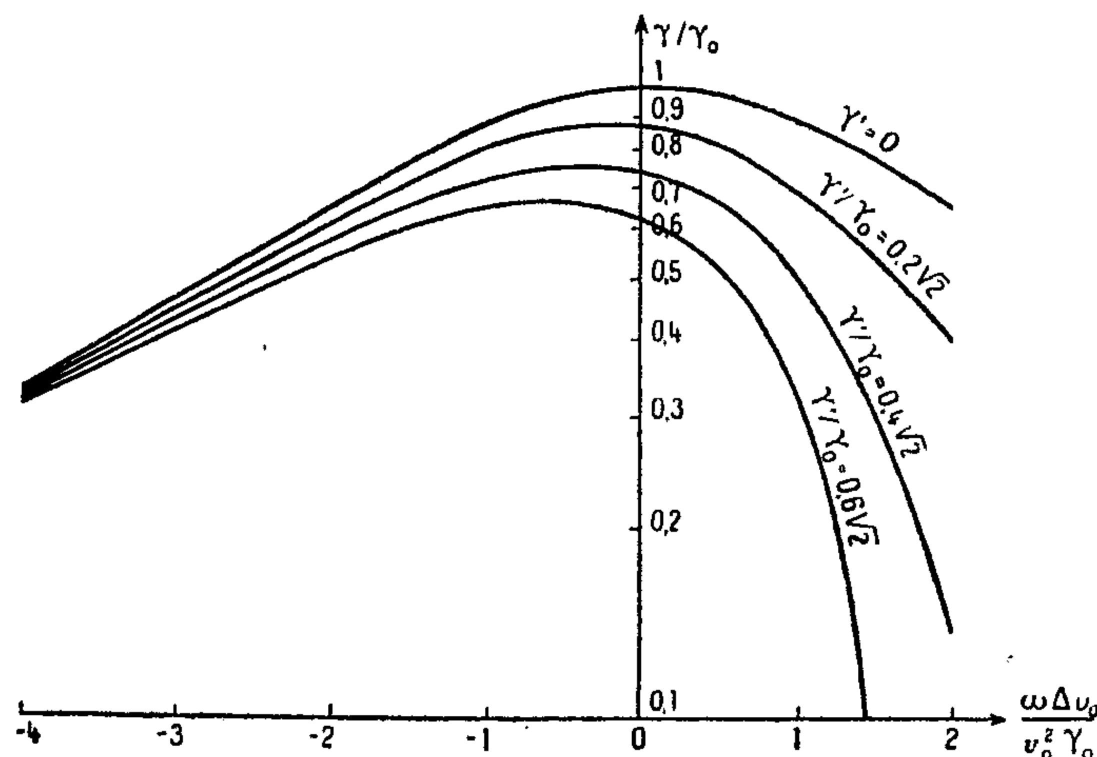
φ_1 est l'angle de pertes du diélectrique, φ_2 est un coefficient lié à la ligne et caractérisant les pertes dans la paroi métallique extérieure; il est proportionnel au quotient ρ/δ qui dépend de la nature du métal employé (ρ résistivité, δ pénétration).

L'équation, écrite sous cette forme, est absolument générale et s'applique non seulement à un guide, mais à toute ligne de retard; le coefficient $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$, qui caractérise les pertes totales dans la ligne, s'exprime alors en fonction de l'atténuation propre γ' de la ligne par la relation $\varphi = -v_0\gamma'/\omega$.

On a représenté sur la figure ci-après des courbes donnant, en fonction de la vitesse du faisceau, le gain rapporté au gain maximum γ_0 obtenu en l'absence de pertes pour $\Delta v_0 = 0$.

On aura un gain résultant égal à l'atténuation propre γ' de la ligne pour $\gamma' = \gamma_0/\sqrt{2}$.

La vitesse de l'onde amplifiée reste toujours inférieure à v_0.



Largeur de bande. — On peut, sur l'équation générale (9), étudier la largeur de bande propre de l'amplificateur, cette largeur de bande ne tenant pas compte des limitations introduites par les dispositifs d'adaptation aux extrémités du tube. Une variation de ω entraîne des variations de P, $\omega\varphi$ et $\omega\Delta v_0$, cette dernière étant particulièrement importante si la ligne est dispersive, u_{nm} variant alors avec ω. A partir des dérivées $dP/d\omega$, $d\varphi/d\omega$, $d(u_{nm})/d\omega$, on étudie sur l'équation (9) les variations de γ avec ω, d'où l'on déduit la largeur de bande.

Réglage de la vitesse du faisceau. — Au point de vue expérimental, il est intéressant de savoir avec quelle précision il faut ajuster la vitesse électronique pour que le gain diffère peu de la valeur maximum compatible avec une ligne donnée. On tire de l'équation (9) et des courbes de la figure que, pour une ligne quelconque, le gain reste supérieur à 90 % de sa valeur maximum dans un domaine de vitesse défini par

$$\Delta v_0 = 1,75\,\frac{v_0^2 \gamma_0}{\omega}.$$

OPTIQUE. — *Sur la mesure des pouvoirs réflecteurs de sections polies immergées sous le microscope.* Note de MM. **Laurent Capdecomme** et **Théophile Cambon**, présentée par M. Charles Mauguin.

Les mesures de pouvoirs réflecteurs des surfaces immergées sous le microscope, dans un liquide qui les relie à l'objectif, présentent de telles difficultés, pratiques et théoriques, qu'elles ont, jusqu'ici, été fort peu utilisées. Nous appliquons un procédé, optiquement équivalent, qui supprime en grande partie les difficultés pratiques de l'immersion (hétérogénéité du liquide,

nettoyage des lentilles frontales des objectifs) et qui permet d'employer un objectif quelconque et des étalons non immergés.

Une lame de verre transparente à faces bien parallèles est appliquée contre la section polie et lui est reliée par une goutte d'un liquide ayant même indice qu'elle. (On emploie de préférence un liquide volatil, comme le benzène, bien purifié, qui disparaît ultérieurement de la préparation, sans nécessiter un lavage.) La lame de verre est simplement posée sur la préparation dans les microscopes métallographiques visant vers le bas; c'est, au contraire, la préparation qui est posée sur la lame dans les microscopes inversés.

Si la lumière incidente était rigoureusement normale à la section polie, le pouvoir réflecteur mesuré ρ serait relié au pouvoir réflecteur R de la section dans le liquide et au pouvoir réflecteur r de la face supérieure de la lame de verre par la relation

$$\rho = \mathrm{R}\left(1 - 2r + \frac{r}{\mathrm{R}}\right),$$

que l'on détermine aisément en tenant compte des réflexions multiples dans la lame de verre et en négligeant les termes en r^2 sans importance photométrique (r est de l'ordre de 0,04).

En réalité, le faisceau issu du microscope présente une convergence plus ou moins grande et, si l'appareil est mis au point sur la section, à travers la lame de verre d'épaisseur e et d'indice N, la première réflexion sur la face supérieure de la lame de verre donne une image du diaphragme de champ située à la distance $2e/\mathrm{N}$ en avant du plan de visée, la deuxième réflexion, sur la section elle-même, forme une image de ce diaphragme à la distance $2e/\mathrm{N}$ en arrière du plan de visée, et ainsi de suite. Un calcul simple tenant compte de la proportion de la lumière réfléchie, de plus en plus réduite, envoyée par chacune des images successives dans le diaphragme réel, montre que le pouvoir réflecteur mesuré ρ dépend encore de R et de r, ainsi que de l'indice N, de l'épaisseur e, de l'ouverture U de l'objectif et du rayon a du diaphragme de champ dans le milieu objet. En négligeant, comme plus haut, les termes en r^2, on trouve ainsi

$$\rho = \mathrm{R}\left[1 - 2r + \frac{r}{\mathrm{R}}\,\frac{\mathrm{N}^2}{\sin^2\mathrm{U}}\,\frac{a^2}{4e^2}(1+\mathrm{R}^2)\right] = \mathrm{R}\left[1 - 2r + \mathrm{K}\,\frac{1+\mathrm{R}^2}{\mathrm{R}}\right].$$

Nous donnons ci-après les valeurs de K calculées pour divers objectifs usuels et différentes épaisseurs e, en prenant $r = 0{,}04$.

Objectifs Winkel Nos.	Ouverture numérique.	Grossissement partiel.	Distance frontale dans le verre.	a.	K = $e=1^{mm}$.	$e=1^{mm},5$.	$e=7^{mm}$.	$e=15^{mm}$.
			mm	mm				
1 a.....	0,22	5,81	5,5	1,72	1,38	0,61	0,028	0,0061
2.......	0,28	10,4	8,4	0,96	0,26	0,11	0,0053	–
3 a.....	0,40	12,5	1,6	0,8	0,09	0,04	0,0018	–
4 a.....	0,58	19	1,65	0,52	0,018	0,018	–	–

L'action d'une diminution de l'épaisseur e sur la valeur de K peut toujours être compensée par une réduction proportionnelle du rayon a du diaphragme de champ.

Applications. — 1° Les résultats numériques précédents montrent que la comparaison directe des pouvoirs réflecteurs de sections appliquées successivement contre la même plaque de verre peut être effectuée sans aucune correction si les pouvoirs réflecteurs à mesurer R sont assez grands et si le champ et l'ouverture sont convenablement choisis.

Par exemple, pour $R > 0,4$, $(1 + R^2)/R$ est inférieur à 3 et supérieur à 2, et le terme correctif qui en est fonction varie de moins de 1 % avec l'objectif 1 a et une lame de 15^{mm}, avec les objectifs 2 et 3 a et une lame de 7^{mm}, ainsi qu'avec l'objectif 4 a et une lame de $1^{mm},5$, le champ pouvant, dans tous les cas, rester ouvert au maximum.

Pour $R > 0,2$, $(1 + R^2)/R$ est inférieur à 5 et supérieur à 2, et le terme correctif reste très inférieur à 1 % avec les mêmes objectifs et les mêmes lames, si le diamètre du champ est réduit de moitié.

2° Les mesures absolues de pouvoirs réflecteurs peuvent être effectuées par comparaison de la surface immergée à un étalon sec. Il suffit de choisir a et e de façon que le terme correctif que commandent ces grandeurs soit photométriquement négligeable et d'utiliser la relation $\rho = R(1 - 2r)$.

Les étalons transparents sont beaucoup mieux définis que les étalons opaques, grâce à leur indice unique directement mesurable. Mais ils ne peuvent pratiquement être utilisés en immersion, par suite d'un affaiblissement trop élevé du pouvoir réflecteur (tombant, par exemple, de 0,179 pour la blende observée à sec, à 0,049 pour la blende observée dans l'huile de cèdre). C'est donc un avantage important de notre procédé que de généraliser leur emploi à sec.

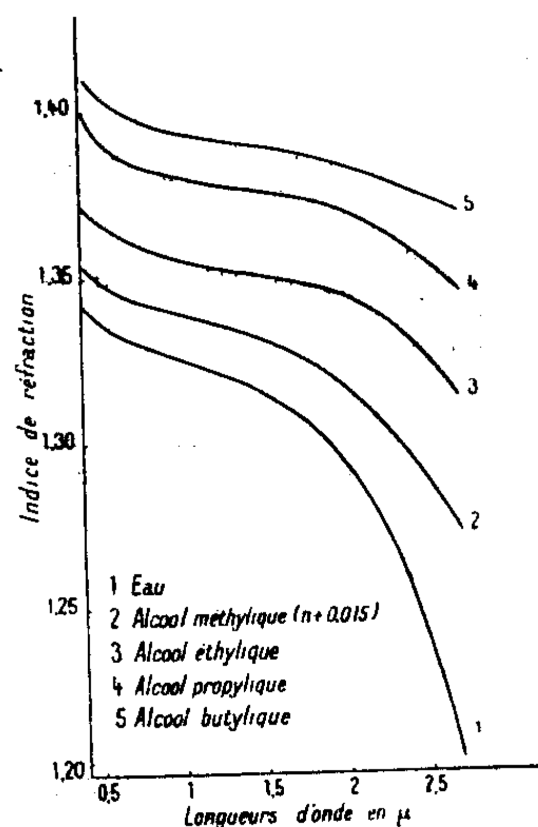
SPECTROSCOPIE. — *Sur la dispersion de l'eau et de quelques alcools dans le proche infrarouge.* Note (1) de Mme **Josette Vincent-Geisse**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons appliqué à l'eau et aux quatre premiers alcools saturés aliphatiques à chaîne droite, entre le visible et $2^{\mu},7$, une méthode de mesure d'indice de réfraction au moyen du phénomène de réflexion totale (2), qui permet l'étude de ces corps malgré leur très forte absorption. Nous pouvons ainsi compléter et rectifier les déterminations de Seegert sur l'eau, les alcools éthylique et propylique, qui s'étendaient seulement jusqu'à $2^{\mu},327$ (3). D'autre

(1) Séance du 3 mars 1947.
(2) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 650.
(3) *Thèse*, Berlin, 1908.

part, Rubens et Ladenburg ([4]), puis Centano ([5]) ont calculé la dispersion de l'eau au moyen de la formule de Fresnel, reliant l'indice de réfraction au pouvoir réflecteur et au coefficient d'extinction.

I. *Résultats* (*fig.*). — 1° Dans le visible, les corps se classent, par ordre



d'indice croissant, de la manière suivante : alcool méthylique, eau, alcools éthylique, propylique, butylique. Mais à partir de $1^{\mu},4$, l'ordre se modifie, et l'alcool méthylique prend place entre l'eau et l'alcool éthylique.

2° Pour toutes ces courbes, aux environs de 1^{μ}, la concavité change de sens, ce qui indique le début d'une dispersion anomale, prépondérante entre 2,7 et 3^{μ}.

3° Cette dispersion anomale, très importante pour l'eau, décroît quand on passe aux alcools et d'un alcool au suivant. Nous expliquons ce résultat en remarquant que la bande vers 3^{μ} étant due au groupement OH, celui-ci est seul à jouer un rôle dans l'indice de l'eau, alors que, dans les alcools, l'indice subit aussi l'influence du reste de la molécule qui donne une dispersion normale vers 3^{μ}.

II. *Application des formules de dispersion aux résultats obtenus pour l'eau.* — 1° La formule de Cauchy

$$n = \alpha_1 + \frac{\alpha_2}{\lambda^2} \tag{1}$$

(α_1 et α_2 étant des constantes) ne s'applique pas du tout.

([4]) *Verh. d. d. phys. Ges.*, **11**, 1909, pp. 16-28; *Le Radium*, **6**, 1909, pp. 33-39.

([5]) *J. Opt. Soc. Amer.*, **31**, 1941, pp. 244-247.

2° La formule de Wright, à deux constantes, c et d :

(2) $$n = c f(\lambda) + \varphi(\lambda) + d;$$

$$f(\lambda) = \frac{1}{\lambda^2 - 0{,}0431}, \qquad \varphi(\lambda) = \frac{0{,}008530}{\lambda^{0{,}9}}.$$

En prenant les deux constantes dans le visible, la formule

$$n = 1{,}31\,700 + 0{,}000\,829 f(\lambda) + \varphi(\lambda)$$

donne une concordance très satisfaisante jusqu'à 1^{μ}.

3° Formule de Ketteler-Helmholtz

$$n^2 = n_0^2 + \frac{A}{\lambda^2 - \lambda_v^2} - \frac{B}{\lambda_r^2 - \lambda^2},$$

n_0, A, B sont des constantes, λ_v et λ_r les longueurs d'onde propres ultraviolette et infrarouge de l'eau.

a. Formule simplifiée

(3) $$n^2 = n_0^2 + \frac{A}{\lambda^2 - \lambda_v^2} - K\lambda^2,$$

où K est une constante. Nous prenons $\lambda_v = 0^{\mu},126$.

Avec trois indices choisis dans le visible on obtient

(3′) $$n^2 = 1{,}76342 + \frac{0{,}0063419}{\lambda^2 - 0{,}015886} - 0{,}012882\lambda^2,$$

ce qui conduit à de bons résultats entre le visible et $1^{\mu},2$. Pour aller plus loin, on prend un indice dans le visible et deux dans l'infrarouge

(3″) $$n^2 = 1{,}77145 + \frac{0{,}0043635}{\lambda^2 - 0{,}015886} - 0{,}018795\lambda^2.$$

Les valeurs calculées sont voisines de celles de l'expérience jusqu'à $1^{\mu},5$. Des essais faits en modifiant les constantes, pour améliorer la concordance, n'ont rien donné.

b. Formule non simplifiée

(4) $$n^2 = n_0^2 + \frac{A}{\lambda^2 - \lambda_v^2} - \frac{B}{\lambda_r^2 - \lambda^2}.$$

Nous avons choisi arbitrairement $\lambda_r = 3^{\mu}$, en raison des vibrations propres de l'eau dans cette région. La formule

(4′) $$n^2 = 1{,}86713 + \frac{0{,}0063758}{\lambda^2 - 0{,}015886} - \frac{0{,}93689}{9 - \lambda^2}$$

a été calculée avec trois indices choisis dans le visible et la formule

$$(4'') \qquad n^2 = 1{,}87134 + \frac{0{,}0062198}{\lambda^2 - 0{,}015886} - \frac{0{,}96926}{9 - \lambda^2}$$

en prenant un indice dans le visible et deux dans l'infrarouge. La première s'applique bien jusqu'à $1^\mu,6$ et la seconde jusqu'à $2^\mu,4$. Au delà, la valeur calculée se trouve inférieure à celle que l'on observe, et il faudrait recourir à une expression ne devenant pas infinie pour $\lambda = 3^\mu$.

SPECTROSCOPIE. — *Positions et intensités des bandes d'absorption, dans le proche infrarouge, de dérivés phénolés.* Note (1) de Mme **Micheline Baroin**, présentée par M. Jean Cabannes.

A l'aide d'un spectrographe enregistreur à réseau et à miroirs, avec, comme récepteur, une pile thermoélectrique reliée à un galvanomètre Zernicke (Z_c), nous avons étudié le premier harmonique vers $1^\mu,4$ de la vibration fondamentale du groupement OH et occasionnellement le deuxième harmonique vers $0^\mu,96$.

1° *Position des bandes.* — Le phénol, les ortho-chloro, ortho-bromo, para-chloro et para-bromophénols, les 2.4-dichloro et dibromophénols, les 2.4.6-trichloro et tribromophénols, le pentachlorophénol, les ortho et para-crésols, les xylénols 1.2.4 et 1.3.4 qui, pour la plupart, n'avaient pas encore été examinés dans cette région spectrale, ont été étudiés, à l'état dissous dans le tétrachlorure de carbone, avec des concentrations pas très élevées (au maximum normales), à la température ordinaire. Dans ces conditions, le premier harmonique se présente sous forme d'une bande relativement fine $2\nu(OH)_v$, caractérisant les molécules libres, et la bande $2\nu(OH)_s$, qui indiquerait l'existence d'associations moléculaires, n'apparaît pas. Relativement à la position qu'elle occupe pour le phénol, cette bande $2\nu(OH)_v$ se déplace vers les grandes longueurs d'onde, quand on introduit un ou plusieurs substituants (Cl, Br, CH_3) dans la molécule. Cette variation se rattache aux moments électriques du radical phényle par rapport aux substituants.

Nous confirmons l'existence de deux composantes pour la bande $2\nu(OH)_v$, dans le cas de l'ortho-chloro et l'ortho-bromophénol, mais nous les constatons aussi pour le para-chlorophénol. Ici, l'explication de Pauling, qui voyait dans ce dédoublement la preuve de deux formes moléculaires (l'hydrogène de OH en position *cis* ou *trans* vis-à-vis de Cl), ne se montre évidemment plus valable.

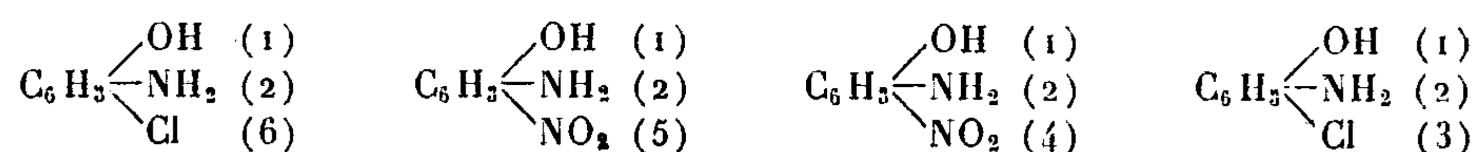
(1) Séance du 3 mars 1947.

2° *Variation en fonction de la température de l'intensité des bandes* [$2\nu(\mathrm{OH})_v$] *et* [$3\nu(\mathrm{OH})_v$] *correspondant aux molécules libres.* — Entre — 20 et + 70°C., pour le phénol, le coefficient d'absorption augmente avec la température et semble tendre vers une valeur limite. Il en est de même de la composante de plus courte longueur d'onde, dans les spectres du para- et de l'ortho-chlorophénol, alors que, avec l'autre composante, l'augmentation d'intensité reste faible ou nulle. Pour l'ortho-chlorophénol, ces résultats se trouvent en accord avec la précédente interprétation de Pauling.

3° *Étude de la bande vers* $1^{\mu},23$ *attribuée à la combinaison* $2\nu(\mathrm{OH})_v + \delta(\mathrm{OH})_v$. — On admet que la vibration de déformation se place, suivant Brattain, vers 1225 cm^{-1} (phénol, *p*-chlorophénol, les 2.4-dichloro et dibromophénols). Cette bande, exactement comme celle qui s'attribue à $\delta(\mathrm{OH})_v$, augmente en intensité avec la température, et se déplace vers les grandes longueurs d'onde quand croît le nombre des substituants halogénés. Par contre, le dédoublement de cette bande, pour des dérivés di- et trihalogénés, reste inexpliqué; car ceux-ci fournissent une bande $2\nu(\mathrm{OH})_v$ simple.

4° *Variation de l'aspect de la bande* (OH) *avec la concentration. Influence du substituant.* — Quand la concentration augmente, on voit apparaître une nouvelle bande large, comprise entre 1,4 et $1^{\mu},5$ environ, qui caractérise les molécules associées $2\nu(\mathrm{OH})_s$ (phénol, ortho-chloro, ortho-bromophénol). Suivant les résultats obtenus par Landsberg, au moyen de l'effet Raman, le chlore, en position ortho, exercerait une action inhibitrice vis-à-vis de ces associations. Nous confirmons ce résultat, et l'étendons au groupement $\mathrm{CH_3}$ en ortho. En position para, les groupements substitués sont trop loins de OH pour produire une influence sur l'aspect de la bande $\nu(\mathrm{OH})_s$.

Avec l'ortho-nitrophénol, le nitrocrésol et le dinitrocrésol, nous constatons une absence complète des bandes $2\nu(\mathrm{OH})_v$, ce qui s'attribue à une chélation effectuée par une liaison hydrogène. Parmi les composés :



seul le dernier donne une bande $2\nu(\mathrm{OH})_v$; mais nous pensons que, pour les autres, il ne s'agit pas d'un phénomène de chélation. C'est simplement à la faible solubilité de ces dérivés dans le tétrachlorure de carbone qu'il faut attribuer ce phénomène. En effet les *o. m. p.* chloroanilines et les nitroanilines, plus solubles que les composés trisubstitués précédents, présentent les bandes dues à la vibration de $\mathrm{NH_2}$.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Contribution à l'étalonnage des nouvelles plaques photographiques utilisées en Physique nucléaire.* Note ([1]) de M. **Eugène Cotton**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les nouvelles émulsions photographiques, spécialement riches en argent et à grains fins ([2]), ont été étalonnées récemment par d'autres auteurs ([3]). J'ai pu prolonger ces mesures jusqu'à 10,5 MeV, en utilisant les groupes de rayons α de longs parcours du thorium C'. Ce travail a été effectué au laboratoire de l'Aimant permanent au C. N. R. S. à Bellevue. Les intensités des deux groupes de longs parcours sont respectivement de 34.10^{-6} et 189.10^{-6} de celle du groupe principal. Pour séparer ces rayons j'ai utilisé le spectrographe magnétique à grand pouvoir séparateur réalisé par S. Rosenblum et installé dans l'entrefer du Grand Aimant permanent ([4]). Si l'on place dans la région de focalisation une plaque photographique inclinée, les trajectoires des rayons α provenant de la source apparaissent dans la gélatine sous forme de segments parallèles qui se distinguent aisément des quelques trajectoires parasites qui n'ont pas la même direction. Tous les rayons α de longs parcours se trouvent séparés et rassemblés sur quelques millimètres carrés d'émulsion, ce qui permet de déterminer séparément pour chaque groupe une courbe statistique de répartition des parcours. Cette courbe coïncide bien avec une courbe de Gauss et est tout à fait symétrique, car les particules ralenties sont séparées par l'appareil.

1° *Plaques utilisées :* Plaque Ilford Ltd Spécial Concentrated Half-tone, épaisseur 40^{μ}.

2° *Détermination de la longueur de chaque parcours individuel.* — Les rayons α ne tombaient pas sous incidence rasante sur la plaque, car nous ne disposions pas de sources assez intenses pour obtenir des statistiques suffisamment nombreuses dans ce cas. L'angle moyen d'incidence était défini par $\cot g\,\theta = 0{,}4$. Pour chaque trajectoire, j'ai déterminé la longueur l de la projection horizontale du parcours au moyen d'un micromètre oculaire et d'un micromètre objectif, ainsi que la différence de cote z entre les extrémités de la trajectoire mesurée avec la vis micrométrique du microscope. Cette différence observée z n'est pas

---

([1]) Séance du 3 mars 1947.

([2]) A. Jdanov, *Journ. de Phys.*, IV, 1935, p. 233; *C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, **20**, 1938, p. 641; Shapiro, *Rev. Mod. Phys.*, **13**, 1941, p. 58; C. F. Powell, *Proc. Roy. Soc.*, **181**, 1943, p. 344.

([3]) Tsien San-Tsiang, Chastel, Mmes Farraggi et Vigneron, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 571.

([4]) S. Rosenblum et Tsaï Belling, *Journal des Recherches du C. N. R. S.*, numéro hors série, 1946, p. 17.

égale à celle Z enregistrée au moment de la pose, l'épaisseur de la gélatine subit en effet une diminution très importante après fixage par suite du départ des grains d'argent non impressionnés, phénomène déjà signalé par d'autres auteurs ([5]). En comparant l'angle θ donné par la géométrie de l'appareil à l'inclinaison la plus fréquemment observée, j'ai pu déduire de z la profondeur réelle $Z = 2{,}05 . z$; la longueur du parcours est $L = \sqrt{l^2 + Z^2}$.

3° Les mesures ont été faites *pour les deux groupes de longs parcours du thorium* C′ (LP1, LP2), les statistiques portant respectivement sur 450 et 100 trajectoires et pour le groupe principal du thorium C′ afin de permettre le raccordement aux résultats antérieurs.

4° ***Résultats :***

	Th C′ groupe principal.	Th C′ LP1.	Th C′ LP2.
Énergies (Mev)	8,7759±0,0009	9,4877±0,0038	10,5379±0,0043
Parcours moyen dans l'air (cm).	8,570 ±0,007	9,724 ±0,008	11,580 ±0,008
Parcours moyen dans l'émulsion Conc. 40$^\mu$ (μ)	48,1±0,3	53,8±0,7	63,0±0,3
Équivalent en millimètres d'air de 1$^\mu$ d'émulsion	1,78	1,8	1,83
Unité d'écart (μ)	2,04	2,1	2,10
$\rho = \dfrac{\text{unité d'écart}}{\text{parcours}}$	$4{,}2.10^{-2}$	$3{,}9.10^{-2}$	$3{,}3.10^{-2}$

N. B. — Les nombres des deux premières lignes sont extraits d'un travail antérieur ([6]).

Les parcours mesurés dans la gélatine sont *plus longs d'environ 4 %*, pour le groupe principal, que ceux donnés par le travail cité ([3]). Cela semble pouvoir être expliqué par la différence des émulsions utilisées et, sans doute principalement, par les *effets d'un vide poussé* qui dessèche fortement les émulsions (perte d'eau d'environ 2 % en poids). Si la gélatine ne subit pas de ce fait une contraction notable, le parcours doit être augmenté, les gouttelettes d'eau étant remplacées par des interstices vides (l'effet serait alors différent de celui observé lorsque la gélatine est saturée d'eau, car le départ de cette eau s'accompagne d'une importante contraction).

La précision est du même ordre que celle des mesures précédentes.

En conclusion, les mesures de parcours dans les plaques nouvelles peuvent servir à déterminer l'énergie des particules à condition de tenir compte de la nature de l'émulsion, de la contraction de la gélatine s'il y a lieu et, le cas échéant, de la pression gazeuse régnant autour de la plaque lors des expositions.

(5) C. F. Powell et Occhialini, *Journ. Scient. Inst.*, 23, 1946, p. 102.
(6) Livingstone et Holloway, *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 18.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'énergie de fission du thorium.* Note de M. **Tsien San-Tsiang**, M^mes **Ho Zah-Wei** et **H. Faraggi**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Après la découverte de la fission de l'uranium et du thorium, certains travaux ont été publiés sur l'énergie libérée lors de la fission. Dans le cas de U, le calcul théorique ([1]) a donné une libération d'énergie (E_f) de 200 MeV pour une fission symétrique et de 180-190 MeV pour le cas où les masses des fragments sont dans le rapport 2/3. Cette énergie se retrouve en majeure partie sous forme d'énergie cinétique des deux fragments projetés dans des directions opposées, le rapport des énergies initiales étant inversement proportionnel à celui des masses. Les expériences faites par des mesures d'ionisation ont permis d'obtenir la distribution statistique des énergies des fragments qui se groupent en deux courbes de répartition dont les valeurs les plus probables sont d'environ 60 et 90 MeV. La moyenne de l'énergie cinétique totale (E_{cin}) correspondant au rapport des masses le plus fréquent (96/138 pour la fission de ${}^{235}_{92}U$ provoquée par les neutrons lents) est ([2])

$$(E_{cin})_{{}^{236}_{92}U} = 150 \pm 5\ \text{MeV}$$

pour la fission du noyau composé de ${}^{236}_{92}U$, et

$$(E_{cin})_{{}^{239}_{92}U} = 160 \pm 5\ \text{MeV}$$

pour la fission du noyau composé de ${}^{239}_{92}U$.

Le reste de l'énergie, $E_{exc} = E_f - E_{cin}$, soit environ 30 MeV, est partagé entre l'excitation des fragments et l'énergie emportée par les neutrons émis lors de la fission dont le nombre varie entre 1 et 3.

Pour le thorium, aucune détermination expérimentale de l'énergie de fission n'ayant été publiée, nous avons essayé de la faire par la méthode de l'émulsion photographique. Deux plaques *Ilford Nuclear Research* C_1 ont été imprégnées séparément d'une solution de nitrate d'urane et d'une solution de nitrate de thorium de même concentration, séchées puis exposées aux neutrons rapides de Be + D (6,7 MeV) obtenus avec le cyclotron du Collège de France. Les sels d'urane et de thorium donnent tous deux un effet d'affaiblissement photographique; en développant convenablement, on voit nettement les trajectoires de fission bien développées se détachant sur un fond de grains plus fins

---

([1]) N. Bohr et J. A. Wheeler, *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 426.

([2]) M. H. Kanner et H. H. Barshall, *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 372; A. Flammersfeld, P. Jensen et W. Gentner, *Zeits, f. Phys.*, 120, 1943, p. 450.

dû à la présence d'une grande quantité de trajectoires de protons projetés dans la gélatine par les neutrons rapides.

La statistique des trajectoires rectilignes, correspondant aux deux fragments d'une bipartition projetés en sens opposés, donne comme parcours le plus probable $23^{\mu},4$ pour U et $21^{\mu},7$ pour Th. Comme le pouvoir d'arrêt de l'émulsion imprégnée de sel est sensiblement le même pour les deux plaques, et comme le développement est suffisant et semblable dans les deux plaques (ce qui est d'ailleurs confirmé par la largeur des courbes de répartition des longueurs des trajectoires), *cette différence de parcours entre les morceaux de fission de* U *et de* Th *est due à la différence d'énergie cinétique totale des fragments.*

Pour pouvoir déduire de cette observation l'énergie correspondante, nous supposerons, en première approximation, l'égalité des parcours de fission de ^{236}U et de ^{239}U. Ceci donne une équivalence de 1^{μ} de gélatine pour $1^{mm},8_8$ d'air (les parcours dans l'air des fragments de fission de $^{236}U = 19 + 25 = 44^{mm}$) [3]. Le parcours total des deux fragments de Th serait alors 41^{mm}. Supposons que le rapport le plus probable des masses des fragments soit le même que pour U (2/3), Th aurait deux groupes de longueur $17^{mm},_7$ et $23^{mm},_3$. En utilisant les relations approximatives V (*vitesses*) — R (*parcours*) des fragments de U [3], nous pouvons calculer la différence d'énergie correspondant à la différence de parcours observée, soit 22 MeV. Pour réduire au cas de Th, il faut corriger encore du rapport des masses de ^{239}U à ^{233}Th, ce qui conduit à une valeur de 24-25 MeV. En tenant compte de l'incertitude des relations V-R et des erreurs expérimentales, nous donnerons pour la différence des énergies cinétiques des fragments de U et de Th la valeur suivante :

$$\Delta E_{cin} = (E_{cin})_{^{239}_{92}U} - (E_{cin})_{^{233}_{90}Th} = 25 \pm 5\,\text{MeV},$$

ce qui nous donne pour l'énergie cinétique des fragments de fission du thorium la valeur

$$\mathbf{(E_{cin})_{^{233}_{90}Th} = 135 \pm 10\,MeV.}$$

D'après l'estimation de Bohr et Wheeler [1], une fission symétrique de $^{233}_{90}$Th donnerait une énergie inférieure d'environ 20 MeV à celle de $^{239}_{90}$U (E_f), ce qui est en bon accord avec la valeur de ΔE_{cin} déduite de cette étude. Cette concordance semble indiquer de plus que (E_{exc}), l'excitation des fragments et l'énergie des neutrons, est à peu près la même pour la fission de U et de Th.

---

(3) J. K. Bøggild, K. J. Brostrøm et T. Lauritsen, *Kgl. Danske Videnskab., Salskab* (*Math. phys. Medd.*, 28, 1940, p. 1) et F. Joliot, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 488.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Un procédé de dialyse rapide.*
Note de M^lle **Anne-Marie Biget**, transmise par M. Jacques Duclaux.

La dialyse ordinaire, effectuée par le moyen d'une membrane, est une opération lente. On peut l'accélérer en supprimant la membrane et en dialysant, non pas contre de l'eau pure, mais contre de l'eau contenue dans un gel. Si l'on immerge dans une solution des morceaux de gel, imbibés d'eau pure, leur surface joue le rôle de membrane et les éléments diffusibles de la solution vont se diluer dans l'eau du gel. Celui-ci doit être insoluble et chimiquement neutre. L'acétate de cellulose réunit ces deux qualités; on l'amène à la forme de gel en profitant de sa solubilité dans les solutions aqueuses saturées ou presque saturées de perchlorate de magnésium. Des concentrations de 25 à 60^g par litre sont convenables, donnant des gels qui contiennent entre 96 et 91 % d'eau. La solution mixte est coulée en couche épaisse dans une cuvette, plongée dans l'eau qui coagule l'acétate, et lavée à fond; puis le gel est découpé en morceaux de forme régulière, prismatique ou cylindrique, dont on remplit une éprouvette. La solution à dialyser est versée dans l'éprouvette et soutirée après un certain temps. La proportion des pleins (gel) aux vides (solution) étant environ 3/2, on ne peut en une opération extraire que les 3/5 des produits diffusibles. On recommence immédiatement une seconde opération en versant la solution soutirée dans une deuxième éprouvette garnie de gel, et ainsi de suite.

L'équilibre de diffusion est atteint d'autant plus vite que les morceaux de gel sont plus petits. En pratique ils ne doivent pas descendre en dessous d'une certaine dimension, car alors ils retiendraient trop d'eau par capillarité. Un essorage permet de la séparer, mais aux dépens de la simplicité de l'opération. Le poids le plus favorable est autour de 0^g,5. Il n'y a pas alors intérêt à dépasser (pour NaCl par exemple) une durée de dialyse de 15 minutes, et six opérations successives débarrassent une solution de 97 % des produits diffusibles qu'elle contient.

Ces produits peuvent être ensuite extraits du gel par un lavage méthodique avec un volume d'eau qui n'est pas très supérieur au volume de la solution primitive. Les morceaux de gel lavés peuvent être employés à nouveau, et leur durée est d'au moins deux ans. Ils abandonnent à l'eau une trace seulement de matière organique : 800^g de gel laissés 20 mois dans 1000^g d'eau lui ont abandonné 7^{mg},5. Le gel d'acétate de cellulose est insensible aux sels minéraux et à l'alcool. On peut par l'intermédiaire de l'alcool y remplacer l'eau par un solvant organique tel que le benzène ou l'éther. Il résiste longtemps aux solutions alcalines ou acides entre

les pH 1 et 9; pour un contact rapide de l'ordre de 1 heure, ces limites peuvent être portées à 0 et 11.

Si la solution contient des produits peu diffusibles, ils pénètrent beaucoup plus lentement dans le gel; par exemple les vitesses de diffusion de la dextrine sont de 1/5 à 2/5 de celle du glucose. Un contact plus prolongé permet de les séparer des produits macromoléculaires non diffusibles. J'ai traité de cette manière un mélange d'amidon (à l'état d'empois), de glucose et de NaCl. Une première série de passages sur cinq gels, chacun de 15 minutes, a séparé 93 % du NaCl et 7 % de glucose; une deuxième série de six passages de 25 minutes a séparé 6 % de NaCl et 15 % du glucose. Le résidu ne contenait plus qu'une trace de NaCl et les 2/3 de l'amidon. Ainsi la dialyse sur gel permet un fractionnement qui peut être rendu méthodique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Viscosité des solutions macromoléculaires.* Note de M. **Yvon Conseiller**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Les mesures de viscosité des solutions macromoléculaires sont toujours faites en régime permanent. Mais pour éclaircir le mécanisme de cette viscosité, il faut aussi étudier la période initiale et la période finale du mouvement; c'est-à-dire, le suivre à partir du moment où est appliquée la force cause du mouvement, et après qu'elle a cessé d'agir. Je n'envisagerai ici que la période initiale.

L'expérience se fait soit avec un tube capillaire, soit, de préférence, avec une couche de liquide comprise entre deux lames de verre parallèles, dont l'une est fixe tandis que l'autre est soumise à une force connue agissant dans son plan. Avec ce second dispositif, on suit au microscope la marche de la lame mobile. Les mesures sont limitées à des gradients de vitesse très petits, de l'ordre de 10^{-2} à 10^{-5} C. G. S.

On pourrait supposer que par effet d'inertie le mouvement va en s'accélérant à partir du moment où la force est appliquée, et finit par atteindre une valeur limite. L'expérience donne le contraire. Le mouvement est au début très rapide, et c'est en décroissant qu'il atteint sa limite, c'est-à-dire que la viscosité instantanée va sans cesse en croissant. Aux vitesses réalisées, les effets d'inertie sont négligeables.

J'ai obtenu ces résultats avec diverses solutions : nitrocellulose dans le nitrobenzène et le phtalate d'éthyle, acétate de cellulose dans la cyclohexanone, acétate de polyvinyle dans l'alcool benzylique, polystyrol dans le benzène. Le rapport de la vitesse initiale à la vitesse de régime ne peut être mesuré avec précision; on n'a qu'un minimum qui peut être égal à 10.

Chaque expérience donne une valeur de la viscosité en régime permanent.

Le chiffre obtenu pour des gradients de vitesse très faibles, correspondant à des vitesses d'écoulement de quelques millièmes de millimètre par minute, est aux erreurs d'expérience près indépendant de ce gradient; ce qui confirme les résultats antérieurs d'après lesquels la viscosité a une limite définie. Cette limite a varié dans mes expériences entre 70 000 et 4 600 000 poises.

Chaque expérience donne en outre une valeur du temps d'établissement du régime permanent : ce temps est l'analogue d'un temps de relaxation. Il a atteint 1300 secondes pour une solution de nitrocellulose dans le nitrobenzène. Des mesures exactes ne sont possibles que s'il atteint plusieurs dizaines de secondes; mais le même phénomène se retrouve avec des solutions moins visqueuses donnant des temps d'établissement plus courts, et il y a lieu de penser qu'il est général. Ainsi la viscosité très élevée d'une solution macromoléculaire ne préexiste pas, ou du moins celle qui préexiste n'est qu'une faible fraction de la viscosité en régime permanent. Celle-ci est un résultat de la déformation au sens de Maxwell. La solution non déformée n'est pas visqueuse. Ce fait expérimental n'est pas contenu dans les diverses théories mathématiques de la viscosité macromoléculaire qui ont été proposées, et qu'il semble par suite nécessaire de modifier. On peut se demander si le phénomène qui vient d'être décrit n'est pas l'un des éléments de la propriété complexe connue sous le nom de plasticité. Il est clair en effet qu'une masse qui a au repos une viscosité faible est bien plus facilement déformable qu'une masse qui a, au contraire, au départ, une viscosité très élevée ou une rigidité thixotropique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une cause d'erreur dans la méthode de dosage par fusion dans le vide des gaz dissous dans l'aluminium.* Note [1] de MM. **Léon Moreau** et **Georges Chaudron**, présentée par M. Albert Portevin.

On sait que pour maintenir un haut degré de vide dans une enceinte, on utilise fréquemment des métaux qui ont été volatilisés et condensés sur une paroi froide. Nous nous proposons de montrer dans cette Note que cette propriété apporte une difficulté supplémentaire dans la technique du dosage des gaz dissous dans les métaux.

Nous avons utilisé l'appareillage classique décrit par différents auteurs [2] et qui permet d'exécuter la fusion du métal dans un vide très poussé et de recueillir ensuite les gaz ainsi dégagés. Nous avons également effectué sur les mêmes échantillons l'extraction des gaz par la méthode de bombardement ionique. Nous avons enfin dosé l'azote par la méthode chimique de Kjeldahl.

(1) Séance du 10 mars 1947.

(2) A. Portevin et R. Castro, *Revue de Métallurgie*, n° 9, sept. 1932, p. 461.

Pour augmenter la précision relative de nos mesures, le métal employé était de l'aluminium industriel 99,5 que nous avions sursaturé en hydrogène par une méthode précédemment décrite ([3]); cet échantillon, en outre, contenait de l'azote dissous dans une proportion assez élevée (voir tableau I). Les échantillons utilisés dans les dosages étaient polis électrolytiquement afin de rendre négligeables les erreurs dues à l'absorption de la vapeur d'eau par la pellicule d'alumine superficielle ([4]).

Les résultats d'une première série d'expériences, qui se trouvent résumées dans le tableau I, nous montrent que la fusion sous vide de l'aluminium à 1050° permet une élimination presque complète de l'hydrogène, de l'azote et de l'oxyde de carbone, mais que ces gaz ne sont que partiellement extraits de la chambre de fusion; or, dans nos conditions expérimentales, nous avons constaté que l'aluminium distille pour aller se condenser sur les parties froides de l'appareil; aussi nous avons supposé que le métal ainsi déposé peut fixer par adsorption une partie notable des gaz dégagés.

Dans une seconde série d'expériences, dont les résultats sont portés sur le tableau II, nous avons disposé notre appareil de telle façon que l'on puisse faire, sans ouvrir la chambre de chauffe, six extractions successives sur des blocs pesant environ 10g. Nous désirions nous rendre compte s'il était possible d'obtenir une saturation progressive des zones d'adsorption recouvertes ou non d'aluminium condensé.

N°	Échantillon Al 99,5.	Mode de dégazage.	Volume gazeux ($cm^3/100^g$).	Composition ($cm^3/100^g$). $CO+CH_4$.	H_2.	N_2 (*).
		TABLEAU I.				
1	Échantillon cylindrique.....	Fusion sous vide (1050°)	14	4	2	8
2	»	»	30	4	10	16
3	»	»	36	6,8	11,5	18
4	Feuille de 1mm............	Bomb. ionique	98	7	58	33 (**)
5	Feuille provenant de la fusion des échantillons 1, 2, 3....	»	4,5	1,5	3	0

(*) N_2 déterminé par différence.
(**) La teneur en N_2 déterminée par voie chimique est de 31^{cm^3}.

N°	Échantillon Al 99,5.	Mode de dégazage.	Volume gazeux ($cm^3/100^g$).	$CO+CH_4$.	H_2.	N_2 (*).
		TABLEAU II.				
1	Cylindre poli électrolytiqt...	Fusion à 1050°	0,00	–	–	–
2	»	»	1,2 }	2,0	1,6	1,6
3	»	»	2,4 }			
4	»	»	12,2	3,8	5	3,4
5	»	»	29	6	12	11
6	»	»	50	6,5	19	24,5

([3]) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 554.
([4]) *Métaux et corrosion*, 16, 1941, p. 37.

La première fusion (n° 1, tableau II) a été faite après un chauffage particulièrement long dans le vide du corps chauffant à 1650° pendant 6 heures. On constate alors qu'il n'a pas été possible de recueillir un volume gazeux mesurable, si l'on déduit la correction à blanc qui est du reste très faible à cette température ([5]).

Dans les expériences n^{os} 2 et 3 (tableau II) il a été nécessaire de rassembler les volumes de gaz extraits qui sont très faibles ($0^{cm^3},66$) pour pouvoir effectuer correctement l'analyse chimique. Enfin, on constate que les volumes de gaz obtenus croissent pour chaque nouvelle expérience, et que, dans l'essai n° 6, la teneur en oxyde de carbone est sensiblement celle qu'indique l'autre méthode de dégazage; toutefois l'adsorption par les parois est encore très importante pour l'hydrogène et l'azote.

Des essais analogues, entrepris sur le dosage des gaz dissous dans le fer, nous permettent de constater qu'il est possible de doser correctement l'hydrogène et l'azote, quand le fer ne contient pas d'éléments volatils.

Raine ([6]) a montré une cause d'erreur semblable dans le cas du dosage de l'oxygène dans les aciers qui renferment 2 à 4 % de manganèse.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le potentiel de l'électrode peroxyde-hydroxyde de nickel.* Note ([1]) de MM. **Moïse Haïssinsky** et **Michel Quesney**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons montré dans une Note précédente ([2]) que la loi de variation du potentiel de la formation électrolytique du peroxyde de nickel dépendait de la nature de l'anode. Pour interpréter ce résultat il fallait vérifier si le potentiel d'équilibre de l'électrode $NiO_x/Ni(OH)_2$ (avec $x > 1$) varie réellement suivant l'équation généralement admise (valable dans le domaine de l'insolubilité de ces oxydes) :

$$E = E_0 - \frac{RT}{F} \ln(OH^-) = E'_0 - 0,057 \text{ pH}. \qquad (1)$$

Comme nous l'avons rappelé dans cette Note, une seule valeur de E est connue jusqu'ici, celle qui correspond aux solutions de KOH de concentration supérieure à la normale et qui a été donnée par Zedner et confirmée par Fœrster ($E_h = +0,48$ V).

Nous avons préparé une série d'électrodes du peroxyde par dépôt électrolytique sur Pt ou Ni que nous avons plongées dans des solutions de pH déterminé (tamponnées pour les pH $< 12,4$) et contenant $Ni(OH)_2$ en suspension.

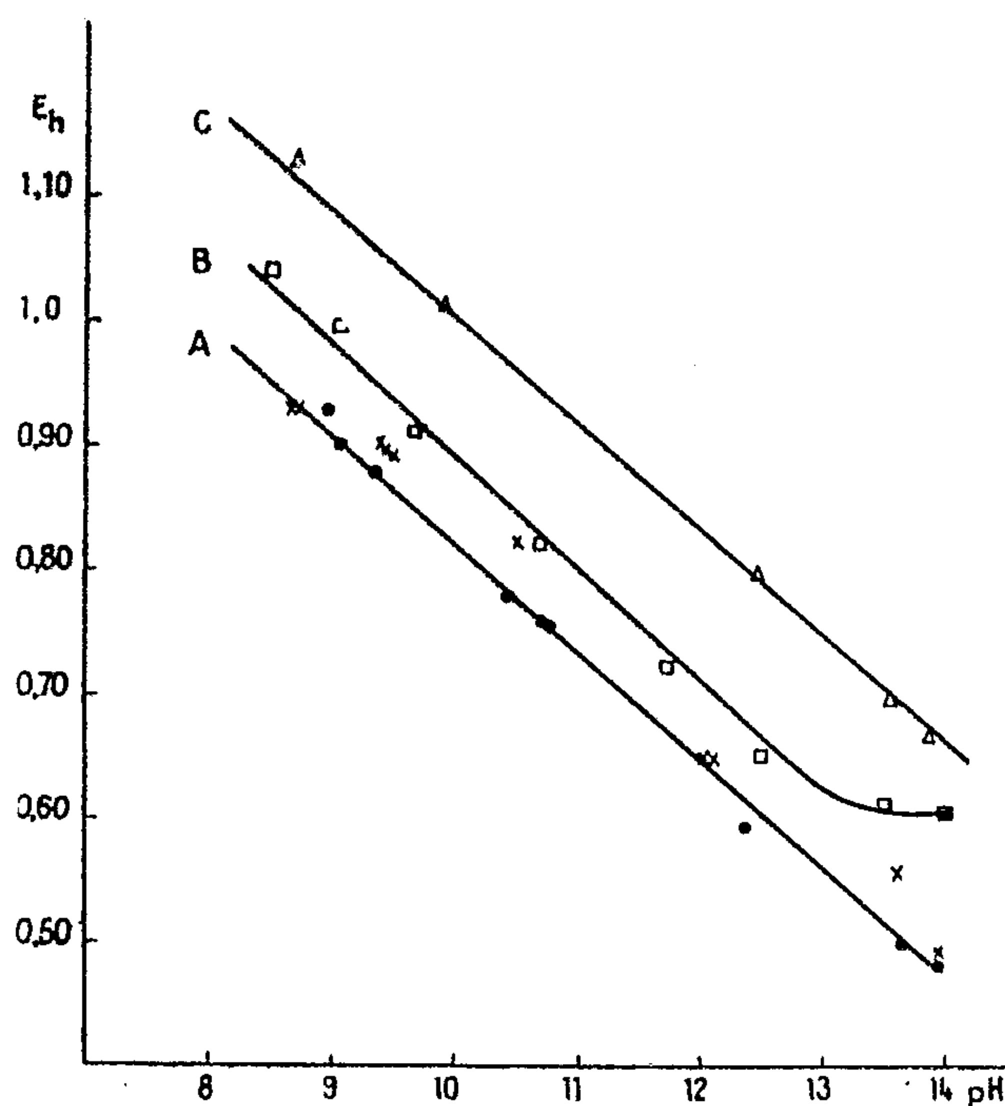
([5]) Pour notre appareil, elle était de $0^{cm^3},4$ par heure à 1650°.

([6]) *Iron and Steel*, S. r., **16**, p. 100.

([1]) Séance du 3 mars 1947.

([2]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 792.

Les dépôts étaient bien adhérents aux supports et suffisamment épais pour que l'intervention de ceux-ci dans les mesures soit absolument exclue. Nous avons ensuite suivi l'évolution avec le temps des potentiels de ces électrodes, mesurés par rapport à une électrode de calomel saturée, et nous avons tracé les courbes correspondantes pour chaque pH. Après une descente initiale rapide, ces courbes présentent des paliers sensiblement horizontaux qui correspondent aux potentiels d'équilibre des électrodes. La droite A de la figure donne ces



potentiels, exprimés par rapport à l'électrode de l'hydrogène (marqués par ●).

Nous avons mesuré, en plus, les potentiels d'électrodes analogues que nous avons fait fonctionner comme cathodes dans des solutions de pH déterminé afin de réduire progressivement et lentement le peroxyde avec une très faible densité de courant, rigoureusement constante (de l'ordre de 0,01 mA/cm²). On obtient encore, en fonction du temps, des courbes avec des paliers, beaucoup plus inclinés que dans le cas précédent. Les potentiels correspondants aux points d'inflexion de ces courbes (marqués par $\times$) se placent, comme on le voit, sur la même droite A. La précision de cette méthode paraît cependant être moins bonne.

L'équation correspondant à la droite A est

$$E = E'_0 - 0{,}087\,\mathrm{pH} = E_0 - \frac{RT}{2F}\ln(\mathrm{OH}^-)^3 \qquad (\text{à } 15^\circ\mathrm{C}), \tag{2}$$

nettement différente de (1).

Nous donnons de nouveau, dans la figure, la courbe (B) représentant le

potentiel de transformation de $Ni(OH)_2$ en peroxyde sur une anode de Ni, qui figurait déjà dans la Note précédente. La pente de sa partie rectiligne est la même que celle de A, l'espacement entre les deux droites étant de 0,06 V environ. Nous y avons, enfin, ajouté la droite C représentant le potentiel de formation du peroxyde par oxydation d'une anode de Ni en absence de composés de nickel dans l'électrolyte. Cette droite est encore parallèle aux deux autres.

La signification de l'équation (2) nous échappe pour le moment. Il est facile de voir ([3]) que l'équation (1) devrait être valable quelle que soit la valence de Ni dans le peroxyde ou les peroxydes formés, pourvu que les produits de solubilité de ceux-ci soient atteints. Or, ceci est apparemment le cas, à moins qu'on admette la formation intermédiaire d'un composé dont l'activité serait proportionnelle à l'activité des ions OH^-. Mais cette hypothèse en impliquerait d'autres supplémentaires peu probables et mal étayées par l'expérience électrochimique.

Signalons, pour terminer, que Kolthoff avait déja constaté ([4]) une anomalie analogue pour la variation du potentiel de l'électrode PbO_2/Pb^{++} en fonction du pH. Il conviendrait donc, avant de se prononcer, d'étendre ces expériences à d'autres peroxydes anodiques (Co, Mn, Ag, Cu etc.)

CHIMIE COLLOÏDALE. — *Étude sur la structure des systèmes bitumineux. Électrophorèse des solutions de brai de houille.* Note ([1]) de M. **Henri-A. Sack**, présentée par M. Louis Hackspill.

Certains auteurs ont supposé que la phase dispersée des systèmes bitumineux ne présente pas de charges électriques ([2]). J'ai pu cependant constater que les particules contenues dans les goudrons et brais de houille se déplacent dans un champ électrique.

Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un dispositif décrit dans une Note précédente ([3]). La figure ci-après donne l'allure d'une courbe de dépôt ainsi obtenue.

Cette courbe montre que les deux premiers tiers de la substance se déposent proportionnellement au temps, ce qui est en accord avec la loi de Cotton et Mouton.

La partie infléchie de la courbe est due probablement à un ensemble de phénomènes secondaires : isolement progressif de l'électrode par le dépôt;

([3]) M. Haïssinsky et M. Quesney, *loc. cit.*

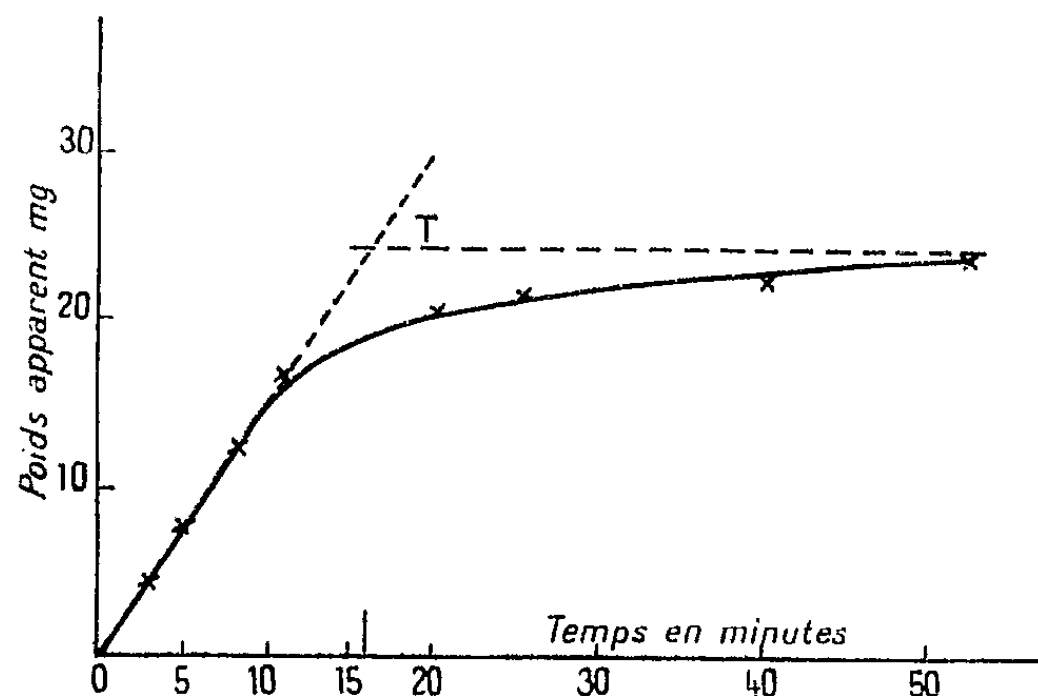
([4]) Cité d'après Kolthoff et Furman, *Potentiometric titrations*, New York, 1931. Les auteurs, malheureusement, ne donnent aucun détail expérimental sur le sujet.

([1]) Séance du 3 mars 1947.

([2]) F. J. Nellensteyn, *The science of Petroleum*, Oxford, 1938, pp. 2760-63.

([3]) H. A. Sack, *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 1495-6.

non uniformité du champ électrique, électroosmose des couches d'adsorption des particules (séchage du dépôt avec augmentation de sa masse spécifique). On peut néanmoins obtenir une valeur approximative de la vitesse de migration dans le champ en extrapolant la droite jusqu'au point T qui correspondrait



Courbe de dépôt donnée par une solution à 1,5 % de brai de houille dans le nitrobenzène en fonction du temps.

au temps nécessaire pour obtenir le dépôt total des particules de la solution s'il n'y avait pas de phénomènes secondaires. L'expérienee donne un poids apparent de ce dépôt. En le corrigeant de la poussée d'Archimède, on peut calculer le poids réel des particules qui étaient en suspension dans la solution.

Le tableau suivant donne les valeurs obtenues pour des solutions filtrées d'un brai ayant les caractéristiques suivantes : Densité à 15°, 1,275; point de ramollissement K. et S., 68°; cendres, 0,2 % ; insoluble dans le benzène, 20,4 % ; insoluble dans le nitrobenzène, 1,2 %.

	I.	II.	III.
g brai par 100^{cm^3} de solution.....	25	1,5	2
Nature du solvant...............	nitrobenzène	nitrobenzène	*o*-nitrotoluène
Densité de la solution (25°)......	1,28	1,20	0,98
Viscosité η^{25} (poises)............	0,0437	0,0197	0,0175
Constante diélectrique ε.........	38	38	16
Vitesse de migration U : (cm × sec⁻¹ par V × cm⁻¹) 10^5.	0,415	1,04	1,14
Poids apparent au dépôt en g....	0,320	0,025	0,058
Poids réel P du dépôt en g......	1,28	0,076	0,10
Pourcentage de substance déposée : (g dépôt P/g brai) 100........	5,12	5,07	5
$U \times 10^5 \times \eta$..................	1,86	2,12	1,99
Potentiel électrocinétique ζ V 10^8 ($\zeta = 4\pi U\eta/\varepsilon$)................	6	6,9	15,7

Les essais ont été effectués sur 100^{cm^3} de solution. Distance entre les électrodes, 1^{cm}; différence de potentiel, 100 volts. Particules de charges positives et de masse spécifique, 1,53.

On voit donc que la migration est à peu près inversement proportionnelle à la viscosité de la solution, mais elle paraît être indépendante de la constante diélectrique.

Le pourcentage de matière déposée par ces solutions de brai (5 %) est nettement inférieur à celui de matière insoluble dans le benzène (20,5 %).

Les essais de sulfonation du dépôt avec de l'acide sulfurique fumant à 200° ont donné moins de 2 % de substances solubles.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Vérification du principe de Lavoisier sur des graines en voie de germination.* Note de M. **Émile Rinck**, présentée par M. Louis Hackspill.

Exception faite des phénomènes de désintégration atomique, la validité du principe de Lavoisier est universellement admise aussi bien dans le domaine de la Chimie pure que dans celui des échanges biochimiques se déroulant dans les organismes vivants.

Toutefois, peu de vérifications rigoureuses semblent avoir été entreprises dans ce dernier cas. Or un travail important, dû à R. Hauschka [1], semble infirmer la validité du principe de la conservation de la matière dans le domaine végétal, lorsque des graines se trouvent en état de germination. La publication de R. Hauschka étant peu connue en France et difficilement accessible dans les circonstances actuelles, nous allons résumer brièvement ses expériences et les résultats qu'il a obtenus.

R. Hauschka a fait germer des graines de Cresson (Cresson des jardins) en vases clos, constitués dans ses premiers essais par des pèse-filtres à bouchon rodé soigneusement graissé et dans la suite, par des ampoules de 20^{cm^3} scellées après introduction de la semence.

Au cours de la germination, les ampoules furent pesées à intervalles réguliers sur une micro-balance. Pour éliminer l'influence gênante de la variation du poids spécifique de l'air, une ampoule de même volume que celle contenant les graines fut placée sur l'autre plateau de la balance. La pesée d'un pèse-filtre témoin, effectuée dans les mêmes conditions, avait montré que l'erreur absolue de la pesée restait inférieure à $0^{mg},01$ (10^{γ}). Dans chaque essai, environ $0^{g},5$ de graines furent soumises à la germination. Ces expériences furent poursuivies sans interruption pendant plus de six ans, soit de janvier 1934 à mai 1940.

Voici les résultats obtenus par R. Hauschka :

(1) *Substanzlehre*, Francfort, 1942.

Au cours de la germination, on observe des variations de masse pouvant atteindre et même dépasser 3^{mg}, soit 0,6 % du poids des graines mises en œuvre. Ces variations sont tantôt positives, il y a création de matière, et ceci toujours dans les périodes de pleine lune, tantôt négatives, dans les périodes de nouvelle lune. De plus, la valeur absolue de ces variations était maximum au printemps, moins forte en automne, minimum ou presque nulle en été. Enfin, cette valeur absolue a changé légèrement au cours des années d'observation.

Ces résultats extraordinaires touchant à un principe fondamental de la Chimie nous ont incité à refaire le travail de R. Hauschka. Nos expériences ont été poursuivies pendant plus de deux ans : de janvier à décembre 1944, puis de janvier 1946 jusqu'à ce jour.

Conditions expérimentales. — 300^{mg} de graines de Cresson des jardins, soigneusement sélectionnées, sont introduites dans un tube à essai en verre mince d'Iéna, puis additionnées de 0$^{cm^3}$,4 d'eau distillée. Après quelques instants les graines sont étalées sur la paroi, puis l'atmosphère du tube est enrichie en oxygène, ce qui facilite beaucoup la germination. Après scellement, le tube est soigneusement nettoyé pour que sa surface extérieure soit parfaitement propre. Son volume à température ordinaire est déterminé à 1/200 de centimètre cube près dans un pycnomètre. Ce volume a toujours été de l'ordre de 23$^{cm^3}$. Ces opérations sont suivies de la détermination du poids à l'origine. Les tubes sont conservés à l'abri de la poussière dans un endroit clair et tempéré. Dans ces conditions, la germination se déclenche 24 à 48 heures après le remplissage. Elle s'arrête à un stade plus ou moins avancé une huitaine de jours plus tard, puis les germes commencent à pourrir. L'expérience est arrêtée après 15 jours.

Au moins une fois par jour, le poids des tubes est contrôlé sur une microbalance sensible à 1$^{\gamma}$. Pour cela, les tubes sont soigneusement essuyés puis soumis à l'action d'une substance radioactive. Le tube contenant les germes est placé sur le plateau gauche de la balance, sur le plateau droit se trouvent placés les poids marqués et le tube-tare dont le volume, également connu à 1/200 de centimètre cube près, diffère de moins de 1$^{cm^3}$ de celui du tube à graines. Au moment de la pesée, la mesure de la température et de la pression barométrique fournit tous les éléments nécessaires au calcul de la correction de poussée exercée par l'air sur la différence de volume tare-tube, et sur les poids marqués en laiton platiné et en aluminium. Pour nous garantir contre des erreurs accidentelles, nous avons toujours préparé des séries de deux ou trois tubes identiques. Deux tubes témoins sont pesés avant et après la pesée des tubes à germination.

Résultats. — Au cours de la première année de nos essais, où notre balance fut placée dans un endroit défavorable, les variations observées du poids des tubes à germination dépassaient rarement 60$^{\gamma}$; ces variations furent abso-

lument irrégulières. Sur 300^{mg} de graines mises en œuvre, la variation relative ne fut donc que de 0,02 %. Ces variations nous semblaient d'ailleurs essentiellement dues à l'inconstance de la température ambiante. Les expériences entreprises depuis 1946 dans des conditions plus favorables ont montré des variations irrégulières plus faibles. Ayant réalisé récemment une meilleure constance de la température de la cage de la balance, ces variations furent presque toujours inférieures à 30$^{\gamma}$. Enfin, les nombreuses séries étudiées n'ont jamais révélé la moindre influence des phases lunaires.

Les résultats du travail de R. Hauschka n'ont pu être confirmés. Nos expériences montrent, au contraire, que le principe de Lavoisier reste valable ici à 1/10 000 près. Une remarque s'impose toutefois : au cours de nos dernières séries d'essais, nous avons constaté que les variations du poids des tubes à germination, tout en restant inférieures à 30$^{\gamma}$ (pour 300 000$^{\gamma}$ de graines), sont presque toujours supérieures à celles des tubes-témoins, contenant une substance inerte, conservés et pesés dans des conditions identiques.

Nos expériences se poursuivent en vue d'élucider ce point.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur l'anisotropie optique des bronzes et des alliages cuivre-antimoine.* Note de M. **Théophile Cambon**, présentée par M. Charles Mauguin.

I. Bronzes. — Les bronzes constituent une série d'alliages Cu-Sn comprenant : 1° une phase α, solution solide de Sn dans Cu, cubique; 2° une phase β à 15 % environ de Sn, cubique. Stable seulement au-dessus de 587°, elle donne, au-dessous de cette température, par réaction eutectoïdale, un mélange des deux phases α et δ; 3° une phase γ à 34 % environ de Sn, hexagonale. Stable au-dessus de 520°, elle forme, au-dessous de cette température, les deux phases α et δ; 4° la combinaison définie δ (Cu_4Sn), cubique, résultant de réactions eutectoïdales à partir de β et de γ; 5° la combinaison définie ε (Cu_3Sn), hexagonale; 6° une phase η (environ 60 % de Sn) hexagonale, qui constitue, dans les alliages bien recuits, la combinaison définie Cu_3Sn_2; 7° une solution K de Cu dans Sn, quadratique.

L'anisotropie optique de l'étain a été précisée par L. Capdecomme ([1]). Nous apportons ici les caractères optiques relatifs aux phases anisotropes précédentes :

1° *Phase* γ. — Par trempe, nous avons pu conserver à froid la phase γ en fines dendrites dont les lamelles, à extinctions droites, s'étalent suivant p (0001).

Caractères observés. — Cristaux optiquement *négatifs*; rotations maxima ω_M de l'ordre de 0°,5; anisotropie croissant quand la longueur d'onde augmente; teintes allant du vert au jaune orangé.

([1]) *Caractères optiques de cristaux métalliques* (*Bull. Soc. fr. Min.*, 64, 1941).

2° *Phase* ε (Cu_3Sn). — Divers échantillons dont la composition varie de 33 à 38 % Sn ont montré les deux phases δ et ε juxtaposées. La première est isotrope, ce qui confirme sa symétrie cubique; la deuxième, Cu_3Sn, est, à la fois, fortement anisotrope et très dispersive. Son pouvoir réflecteur moyen est nettement plus faible que celui de la phase δ, ce qui permet de distinguer aisément entre eux ces deux constituants en lumière naturelle. Cu_3Sn se présente en lamelles aplaties suivant *p* (0001), dont l'orientation est confirmée par l'isotropie optique du plan d'aplatissement. Leurs allongements, à extinctions, toujours droites, indiquent ainsi le pouvoir réflecteur R_0 sur chaque section.

Caractères observés. — Cristaux optiquement *positifs*; rotations maxima ω_M de l'ordre de 2°; anisotropie croissant quand la longueur d'onde augmente; teintes allant de l'orangé vif au bleu pâle.

3° *Phase* η (Cu_3Sn_2). — Les déterminations n'ont pu être faites que sur des alliages recuits pendant 21 jours à 350°. Ces alliages apparaissent alors en grains arrondis, sans forme géométrique nette. Nous avons choisi une large section qui a été taillée perpendiculairement suivant ses deux directions privilégiées. L'une des sections obtenues est quelconque, mais contient R_0 et présente des extinctions droites par rapport aux traces des plans de coupe. Elle permet de déterminer le signe optique du cristal. L'autre section, perpendiculaire à R_0, est une méridienne de l'indicatrice des pouvoirs réflecteurs; contenant R_0 et R_e, elle se prête aux autres déterminations optiques.

Caractères observés. — Cristaux optiquement *négatifs*; rotations maxima ω_M de l'ordre de 0°,5; anisotropie décroissant quand la longueur d'onde augmente; teintes allant du gris bleuté au blanc.

Avant recuit, ces alliages correspondent à des équilibres imparfaits et montrent des dendrites dont l'anisotropie, d'ailleurs variable, croît des bords vers le centre entre celle de la phase η et celle de la phase ε. Il s'agit de solutions solides de ces deux phases, présentant une structure zonée.

II. *Alliages cuivre-antimoine*. — Les alliages Cu-Sb montrent : 1° une solution solide α de Sb dans Cu, cubique; 2° la combinaison définie β (Cu_3Sb), hexagonale, qui peut dissoudre ses constituants en quantité importante; 3° la combinaison définie γ (Cu_2Sb), quadratique; 4° une solution solide δ de Cu dans Sb, rhomboédrique.

L. Capdecomme a précisé les caractères optiques de l'antimoine (¹). Nous décrirons ici ceux des deux autres phases anisotropes :

1° *Phase* β (Cu_3Sb). — Nous l'avons observée sous forme de grains arrondis constituant des alliages homogènes à macles polysynthétiques, dont la composition peut varier. C'est la méthode des coupes perpendiculaires qui nous a permis de préciser l'ensemble de ses caractères optiques.

Caractères observés. — Cristaux optiquement *positifs*; rotations maxima ω_M de l'ordre de 1°,5; anisotropie décroissant quand la longueur d'onde augmente; teintes allant du jaune clair au gris bleu.

La présence de cuivre en solution diminue légèrement l'anisotropie et atténue les teintes de dispersion. La présence d'antimoine en solution favorise la formation des macles polysynthétiques.

Dans les alliages refroidis très lentement les caractères optiques montrent que les cristaux ont tendance à s'allonger suivant l'axe principal.

2° *Phase* γ (Cu_2Sb). — Nous avons obtenu des cristaux aplatis suivant $p(001)$, dans un fond de δ.

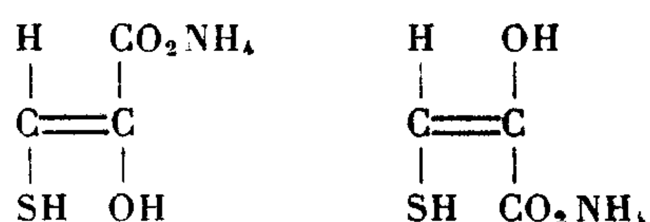
Caractères observés. — Cristaux optiquement *négatifs*; rotations maxima ω_M de l'ordre de 1°; anisotropie croissant quand la longueur d'onde augmente; très belles teintes d'anisotropie allant du rouge violacé au jaune clair.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'énolisation de l'acide thiol-3 céto-2 propanoïque.* Note de M. **Jacques Parrod**, présentée par M. Marcel Delepine.

La combinaison que j'ai décrite (¹) sous le nom de mercaptopyruvate d'ammonium donne une 2.4-dinitrophénylhydrazone avec un rendement presque théorique. Cependant, cette propriété ne suffit pas pour qu'il soit permis de lui attribuer la formule cétonique

$$CH_2SH-CO-CO_2NH_4,$$

à laquelle correspond le nom de thiol-3 céto-2 propanoate d'ammonium; il est encore nécessaire d'établir que ses deux isomères énoliques possibles



ou tout au moins l'un d'entre eux, existent de façon indépendante et ne se combinent pas à la 2.4-dinitrophénylhydrazine.

J'ai alors recherché si, dans certaines conditions, le produit précédent n'évolue pas. Pour cela, à des prises d'essai de sa solution à 1/20 mol/g par litre, on ajoute un acide, une base ou un sel minéral. L'épreuve s'effectue soit immédiatement, soit après un certain temps de contact, en chauffant avec un excès de solution à 1 % de 2.4-dinitrophénylhydrazine dans l'acide chlorhydrique $2n$. Elle est suffisamment sensible, car le précipité formé après refroidissement est encore très appréciable, pour une concentration en mercaptopyruvate d'ammonium égale à 1/20 mol/g par litre. Les substances ajoutées n'influent pas sur le résultat de façon immédiate, et il en est de même pour les acides, après plusieurs jours; avec l'ammoniac ou la soude, au

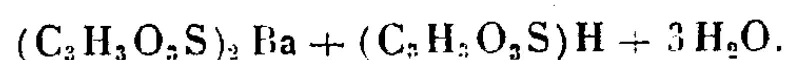
(¹) *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 146; **218**, 1944, p. 599; *Bull. Soc. Chim.*, 1947, p. 109.

contraire, on n'observe plus, après 48 heures, qu'un louche très léger. A la concentration de 1/8 mol/g par litre, après le même laps de temps, les sels de sodium, potassium, magnésium, calcium, baryum, manganèse, zinc et chrome n'ont aucune influence, tandis que ceux de fer, nickel, cobalt et cadmium provoquent une disparition à peu près complète de la réaction.

Dans le cas du chlorure de cadmium, j'ai réussi à isoler le produit formé. En partant de solutions 6 à 7 fois plus concentrées, on observe la formation progressive de fines aiguilles insolubles dans l'eau et les solvants usuels, solubles dans l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque étendus. Leur composition centésimale correspond à la formule $(C_3H_3O_3S)_2Cd + H_2O$.

On peut éliminer le cadmium en saturant d'hydrogène sulfuré leur suspension dans l'eau. Après évaporation, l'acide se présente sous forme d'une masse visqueuse soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther. Le sel d'ammonium $(C_3H_3O_3S)NH_4$ se forme lorsqu'on introduit de l'ammoniac dans sa solution alcoolique ; c'est une poudre cristalline incolore, très soluble dans l'eau, insoluble dans les autres solvants.

En ajoutant à la solution aqueuse de l'acide, de l'eau de baryte, jusqu'à commencement de précipitation, on obtient par évaporation de petits cristaux incolores répondant à la formule



$$(C_3H_3O_3S)_2Ba + (C_3H_3O_3S)H + 3H_2O.$$

Ils sont assez solubles dans l'eau froide, plus solubles dans l'eau chaude, d'où ils cristallisent par refroidissement.

Toutes ces combinaisons dérivent donc d'un acide isomère de l'acide thiol-3 céto-2 propanoïque; elles ne donnent plus qu'un faible louche avec la 2.4-dinitrophénylhydrazine; on peut alors les considérer comme des sels de l'acide thiol-3 hydroxy-2 propène-2 oïque. Comme dans le cas des produits cétoniques, elles réduisent, en milieu aqueux acide, jusqu'à six atomes d'iode par groupe thiol, mais beaucoup plus lentement; finalement, on trouve encore, parmi les produits d'oxydation, une quantité notable d'acide sulfurique.

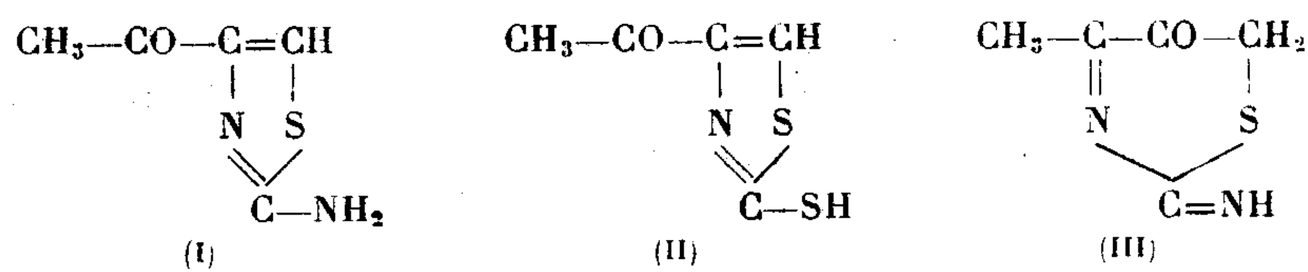
Les formes cétonique et énolique diffèrent, en dehors de la précipitation d'une dinitrophénylhydrazone, par une réaction colorée, obtenue en ajoutant à leurs solutions aqueuses une faible proportion moléculaire d'un sel ferreux et de l'ammoniaque. Avec la première, on voit se développer par agitation à l'air, une coloration bleue qui vire au vert par la suite, et avec la seconde une coloration rouge violacé assez stable. Lorsque le sel ferreux est introduit en proportion moléculaire voisine de celle de la substance organique, les teintes deviennent respectivement verdâtre et brune. La limite de sensibilité correspond à environ 1/1000 mol/g/l.

En résumé, j'ai indiqué des conditions dans lesquelles s'énolise l'acide thiol-3 céto-2 propanoïque, isolé le produit formé et comparé ses propriétés à celles du premier.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le monochlorodiacétyle et certains thiazols qui en dérivent.* Note de M^{lle} **Yvonne Garreau**, transmise par M. Marcel Delépine.

On n'avait décrit jusqu'ici que des dérivés polychlorés du diacétyle. Par action sur celui-ci du chlorure de sulfuryle ajouté très lentement, en quantité calculée, puis par fractionnement dans le vide, j'ai réussi à isoler le monochlorodiacétyle $CH_2Cl-CO-CO-CH_3$. C'est un liquide jaune verdâtre, fortement lacrymogène, É 56° sous 15^mm^; miscible aux solvants organiques usuels. Dans l'eau, il se dissout lentement, par agitation, avec un léger dégagement de chaleur. Il réagit sur la thiourée et le dithiocarbamate d'ammonium en donnant vraisemblablement les thiazols correspondants.

La première réaction s'amorce lorsqu'on tiédit un mélange d'un volume de monochlorodiacétyle, d'un volume d'alcool et de la quantité calculée de thiourée pulvérisée. Après une vive ébullition, le chlorhydrate d'amino-2 acéto-4 thiazol (I) cristallise en longues aiguilles jaunâtres (F 188°), très solubles dans l'eau et l'alcool méthylique, peu solubles dans l'alcool éthylique, insolubles dans l'éther et le benzène.



Lorsqu'on neutralise la solution aqueuse du chlorhydrate par l'ammoniaque étendue, la base précipite sous forme de prismes incolores (F 230°), solubles dans l'eau chaude, très solubles dans les alcools méthylique et éthylique, solubles dans l'acétone et le benzène, à chaud, peu solubles dans l'éther.

Dans cette combinaison, la fonction amine est caractérisée par la formation sous l'action du chlorure d'acétyle en milieu pyridique d'un dérivé acétylé, cristallisant en prismes microscopiques.

La fonction cétonique se manifeste par l'obtention du chlorhydrate de la dinitro-2.4 phénylhydrazone, dont les aiguilles orangées (F $>$ 240°), sont peu solubles dans l'acétone et le benzène, insolubles dans les autres solvants usuels.

Ces propriétés sont bien en accord avec la constitution proposée, mais il n'est pas possible, pour l'instant, d'éliminer complètement l'hypothèse d'un noyau à six atomes, c'est-à-dire la formule de constitution (III).

Le chlorhydrate d'amino-2 acéto-4 thiazol décolore instantanément le brome en milieu acétique, et le bromhydrate d'amino-2 acéto-4 bromo-5 thiazol cristallise en prismes microscopiques (F $>$ 240°), très solubles dans les alcools méthylique et éthylique chauds, insolubles dans l'acétone et l'éther. Sa dinitro-2.4 phénylhydrazone précipite à l'état d'aiguilles, insolubles dans l'ammoniaque et l'acide chlorhydrique dilués.

Le monochlorodiacétile réagit sur le dithiocarbamate d'ammonium, dans les mêmes conditions que sur la thiourée, pour donner une combinaison qui, sous les réserves précédentes, serait le thiol-2 acéto-4 thiazol (II). Elle se présente sous forme de prismes microscopiques (F $>$ 240°), insolubles dans l'eau, solubles dans les alcools méthylique et éthylique, le benzène, l'acétone; peu solubles dans l'éther; insolubles dans les acides étendus, solubles dans les alcalis étendus d'où elle précipite par addition d'acide acétique.

Sa dinitro-2.4-phénylhydrazone cristallise en prismes microscopiques rouges, (F $>$ 240°), insolubles dans les solvants usuels, sauf l'acétone et le benzène. Sa solution alcoolique décolore la quantité calculée d'iode et le disulfure se dépose à l'état de prismes microscopiques solubles dans l'acétone et le benzène. Elle donne avec le chlorure ferrique, une coloration rouge violacé; avec le bichlorure de mercure, en solution alcoolique, elle fournit un précipité bien cristallisé. Ce sont là, deux réactions des mercaptans.

En résumé, j'ai indiqué la préparation et les propriétés principales du monochlorodiacétyle, de l'amino-2 acéto-4 thiazol, du thiol-2 acéto-4 thiazol, et de quelques-uns de leurs dérivés.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Passage expérimental de la montmorillonite à une phyllite à équidistance stable de* 14 Å. Note (¹) de M^lle **Simonne Caillère** et MM. **Stéphane Hénin** et **Jacques Mering**.

Dans une Note antérieure (²), nous avons montré qu'en traitant la montmorillonite de Cadouin par des solutions de divers électrolytes, en particulier de nitrate d'aluminium, on transformait une partie de la montmorillonite en une phyllite du type kaolinique.

Si l'on prend la même montmorillonite (courbe I) et qu'on la traite à la température ordinaire par une solution à 20 % de $MgCl_2$ pendant quatre jours et si, après décantation de la solution claire surnageante, on ajoute 10 gouttes d'ammoniaque concentré en agitant, on obtient un produit qui possède les caractéristiques suivantes :

La courbe d'analyse thermique (courbe II) montre l'apparition de deux crochets endothermiques, l'un vers 550-600°, l'autre vers 750° suivi immédiatement par un phénomène exothermique; c'est là, à quelques détails près, on peut le constater, la courbe fournie par diverses chlorites et en particulier par la shéridanite de Comberousse (courbe III) (³). Le petit crochet vers 450° de la courbe II doit correspondre à la présence de brucite formée hors du réseau par le traitement à l'ammoniaque.

L'examen aux rayons X montre que le diagramme de ce minéral présente

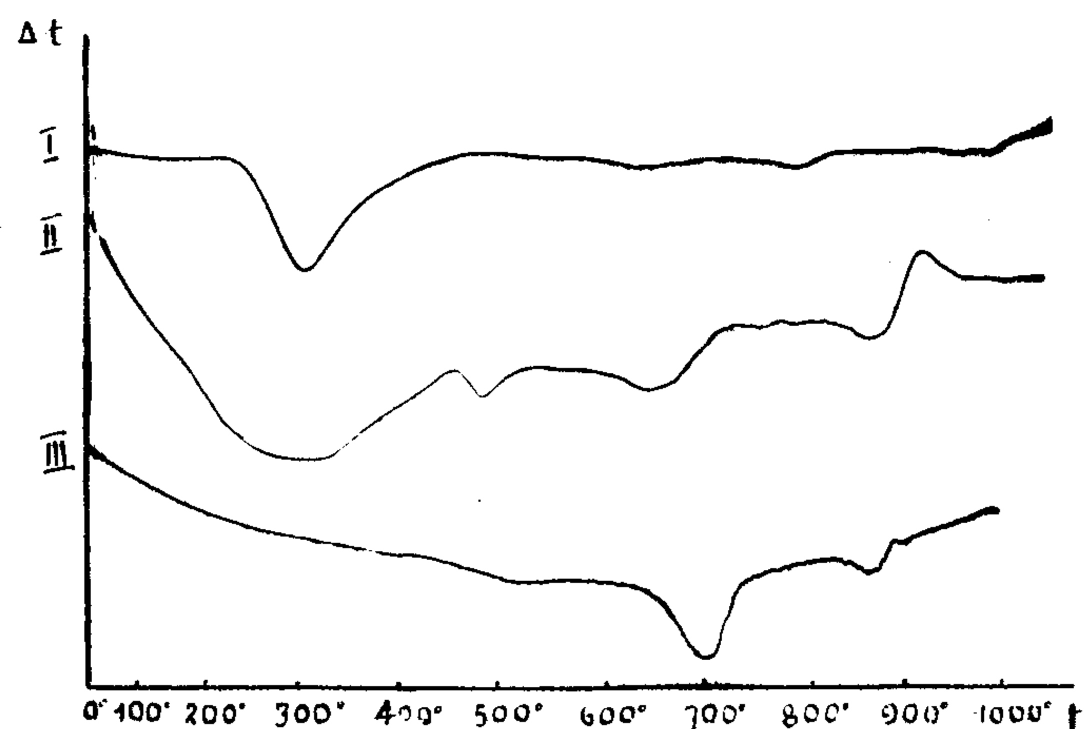
(¹) Séance du 10 mars 1947.

(²) S. Caillère et S. Hénin, *Comptes rendus*, 224, 1947, pp. 53-55.

(³) J. Orcel, *Bull. Soc. fr. Minér., Thèse*, 50, 1927, p. 189.

une raie correspondant à l'équidistance 14 Å et à ses trois ordres successifs.

Contrairement à ce qui s'est produit lors de la transformation de la montmorillonite en kaolinite ([2]), le système de réflexion (00*l*), y compris



la raie à 14 Å s'est montré indépendant des conditions de milieu. En effet, les diagrammes fournis par le minéral imbibé de glycérine, d'eau, ou séché par chauffage à 350°, ne montrent pas de variations, ni de la raie de grand écartement, ni de ses ordres successifs. On a donc obtenu un produit voisin du type chlorite-vermiculite.

Cependant, l'identité n'est pas complète car les intensités relatives de la série (00*l*) ne sont pas celles de la chlorite; en particulier, la raie correspondant à 14 Å est beaucoup plus intense que pour ce dernier minéral. Notons enfin que le chauffage à 350° a modifié le rapport des intensités en rapprochant celles-ci de la série type chlorite.

Le mécanisme de la formation de cette substance semble devoir être le suivant :

$$\text{Montmorillonite Mg} + 2\,HN_4OH \rightarrow \text{Montmorillonite}\,(NH_4) + Mg(OH)_2.$$

Étant donnée l'inertie du produit ainsi constitué vis-à-vis de l'action de l'eau, il est vraisemblable que les ions NH_4, fixés au moment de la réaction sur le feuillet, sont bloqués dans le système.

GÉOLOGIE. — *Conditions structurales profondes du Bassin de Paris.* Note ([1]) de M. **Constant-Pierre Nicolesco**, présentée par M. Emm. de Margerie.

Depuis nombre d'années, des géologues du Bassin de Paris ont essayé de reconnaître la présence et de préciser tant la forme que l'importance des accidents tectoniques affectant ses strates souterraines. La plupart

([1]) Séance du 10 mars 1947.

faisaient usage d'observations de surface. Aussi, leur synthèse pêche-t-elle soit par la rigidité des accidents établis ([2]), soit par la multiplicité et par la systématique trop rigoureuse des plissements conçus ([3]), soit par la théorie des raccordements de plis, armoricains et varisques, sous la Brie et la Champagne ([4]) etc. Ces tentatives ne constituent plus aujourd'hui que de simples thèmes de travail, dépassés par le progrès de nos connaissances actuelles et en plein désaccord avec les faits.

Or, l'étude de nombreux forages profonds de ce bassin ainsi que des coupes établies à l'aide de leurs profils, avec pose sur un plan systématique et mise en corrélation de déductions comparables, permet d'assigner aux accidents reconnus l'emplacement propre à chacun, et ainsi non seulement de réduire considérablement leur nombre, mais aussi et surtout de prouver que la majorité d'entre eux sont loin d'avoir le développement qu'on leur attribue encore de nos jours, presque tous, sinon tous étant des brachy-anticlinaux et des brachy-synclinaux, souvent interrompus ou relayés par des inflexions d'axe dans le sens vertical ou dans le sens horizontal. A l'appui, on peut invoquer l'existence fréquente de petits dômes et cuvettes isolés. L'anticlinal du Pays de Bray, l'un des plus importants accidents du Bassin de Paris, est lui-même formé de deux dômes allongés, séparés par un bas-fond; tout comme le synclinal de la Somme l'est de deux fosses séparées par un haut-fond. La discontinuité de ces accidents tectoniques n'est donc pas seulement attribuable à la présence de failles ([5]), mais aussi et plutôt aux changements du mode de plissement des couches profondes de ce bassin.

D'après l'altitude du sommet du Cénomanien, pour la région couverte par les départements de l'Eure, l'Eure-et-Loir, la Seine-Inférieure, la Somme, la Seine, la Seine-et-Marne, la Seine-et-Oise, l'Oise, je noterai l'existence des accidents suivants, pour les plus importants : l'Anticlinal du Roumois, depuis Fécamp (+ 0) jusqu'aux approches Ouest de Saint-André-de-l'Eure (— 22), en passant par Saint-Didier-des-Bois (+ 160) et affecté de la faille de Villequier; le Synclinal de l'Eure, depuis le nord de Gauciel (— 80) jusqu'à Viry-Châtillon (— 543), en passant par Orgérus (— 258); l'Anticlinal de Vernon-Beynes, depuis Pressagny-Orgueilleux (+ 38) jusqu'aux

([2]) E. HÉBERT, Exposition géologique et paléontologique du Havre en 1917 (*B. S. G. N.*, t. VI, pp. 434-477, fig. 1-4, 1 esquisse tect., le Havre, 1879).

([3]) G.-F. DOLLFUS, *Relations entre la structure géologique du Bassin de Paris et son Hydrographie* (*Ann. Géogr.*, 9, pp. 5-51, 2 fig. et 1 pl., Paris, 1900).

([4]) G. CORROY, Le Néocomien de la bordure orientale du Bassin de Paris, *Thèse*, Paris, 1925.

([5]) C.-P. NICOLESCO, *Eaux souterraines des régions crayeuses et principalement du Pays de Caux* (*C. I. Mines. Métal. et Géol. appliquée*, VII[e] session, pp. 676-681, 1 carte, Paris, 20-26 octobre 1935).

environs de Champigny, en passant par Versailles (— 284); le Synclinal de Gisors-Pontoise, depuis les environs Sud de l'Andelle jusqu'à l'est d'Aulnay-sous-Bois (— 591), en passant par Gisors (— 238); l'Anticlinal du Pays de Bray, depuis la région des Grandes-Ventes (+ 75) jusqu'au cours de l'Oise; le Synclinal de la Somme, depuis la région de Saint-Blimont (— 148) jusqu'à celle de Soissons, en passant par Saigneville (— 103) et Amiens (— 122). Notons, ensuite, le petit Anticlinal de Rouen, depuis Doudeville (+ 17) jusqu'au sud de Saint-Martin-du-Vivier (+ 57), en passant par Monville et affecté par la faille de Pavilly; le petit Synclinal de Saint-Pierre-en-Port (— 96); le court Synclinal de Dieppe (— 101)-Arques-la-Bataille (— 132); l'Anticlinal de Berneval-sur-Mer; le Synclinal de Criel-sur-Mer; le Synclinal d'Eu (— 65)-Gamaches (— 19) etc. Ajoutons les dômes d'Ancennes (+ 43)-Blangy (+ 50)-Senarpont (+ 59), de Doullens (+ 7), d'Envermeu, de Monville etc.

La région faillée traversée par le cours inférieur de la Seine est une zone *affaissée*, comprise entre la faille du Roumois et celle de Rouen et appartenant en partie à l'Anticlinal du Roumois, au Synclinal de Saint-Pierre-en-Port, au Synclinal de l'Eure, à l'Anticlinal de Vernon-Beynes et à celui de Rouen, tels qu'ils sont exposés ici.

L'Anticlinal de Gamaches, dénommé ainsi à tort par G.-F. Dollfus, est en réalité un Synclinal, partie intégrante et en amont de celui d'Eu, se relayant vers le Sud au dôme de Senarpont. Celui-ci est séparé du dôme allongé de Marly-lès-Compiègne par une large dépression vers le milieu de laquelle gît la fosse de Courcelles-sous-Moyencourt (— 133).

La grande fosse de subsidence de Paris, dite de Saint-Denis, en aval des deux synclinaux de l'Eure et de Gisors-Pontoise, bien plus profonde dans l'axe du dernier nommé et quoique incomplètement explorée, a une extension régionale bien plus considérable que celle envisagée jusqu'à ce jour.

L'intérêt de ces observations scientifiques est aussi d'ordre purement pratique. En fait, les recherches hydrologiques, mieux, le succès et le débit des forages à venir, en dépendront dans une large mesure.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Conservation de l'acide ascorbique dans les milieux colloïdaux.* Note de M. **Pierre Lecat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous avons signalé dans une première Note nos observations sur l'influence conservatrice de la gélose sur la vitamine C, et indiqué que nous y voyons un début d'indication sur le mécanisme de conservation de l'acide ascorbique au sein des tissus vivants. Pour nous assurer que cette propriété est le fait, non de la gélose en elle-même, mais de l'état colloïdal de sa matière, nous avons essayé la con-

servation de l'acide ascorbique dans deux corps chimiquement très différents, mais tout deux à l'état colloïdal : la gélatine, comme représentant des colloïdes d'origine animale, la silice, comme représentant des colloïdes d'origine minérale. La gélatine employée était un produit du commerce à 1,35 % de cendres et de pH 6,4. Le gel de silice, également produit du commerce, primitivement légèrement acide, fut amené à pH 6,5 par de la potasse. Le gel primitif à 10 % de matière sèche se sépara par synérèse en une solution aqueuse et un nouveau gel à 20 % de silice qui fut seul employé. Comme pour la gélose, nous avons étudié non seulement l'influence de la concentration de l'hydrogel en matière sèche, mais encore l'influence des conditions physiques extérieures de conservation : température-lumière.

Voici les pourcentages restants de l'acide ascorbique initial (200^{γ} par centimètre cube) de huit jours en huit jours :

1° *Gélatine.*

Concentration du colloïde (%).	A la glacière					A l'étuve à 32° (obscurité)				
	8 j.	15 j.	21 j.	28 j.	35 j.	8 j.	15 j.	21 j.	28 j.	35 j.
0,01.......	52	24	8	0	–	2	0	–	–	–
0,02.......	60	28	9	0	–	2	0	–	–	–
0,1........	70	58	40	28	18	38	16	12	0	–
1,0........	100	94	90	87	84	72	60	28	14	0

Température variable du dehors. Mois de juin à Paris.

Concentration du colloïde (%).	A la lumière					A l'obscurité				
	8 j.	15 j.	21 j.	28 j.	35 j.	8 j.	15 j.	21 j.	28 j.	35 j.
0,01.......	12	0	–	–	–	32	0	–	–	–
0,02.......	12	0	–	–	–	36	0	–	–	–
0,1........	28	0	–	–	–	32	0	–	–	–
1,0........	18	0	–	–	–	94	78	68	60	56

Nous avons pu également nous assurer que la chlorophylle avait un effet protecteur sensiblement égal à celui de l'obscurité sur l'acide ascorbique en milieu colloïdal.

Conclusion. — 1° La gélatine et la silice colloïdale sont également de bonnes conservatrices de l'acide ascorbique, mais l'action de la concentration brute du gel en matière sèche est plus sensible pour la gélatine que pour la gélose. 2° Les hydrogels ou hydrosols de matières organiques ou minérales sont des milieux propices à la conservation de l'acide ascorbique. 3° La conservation est fonction de la concentration du colloïde dans la phase dispersante. Elle croît jusqu'à une concentration optima, variable avec la substance et au delà de laquelle il y a décroissance du phénomène. 4° Le froid et l'obscurité sont les meilleures conditions physiques de conservation de l'acide ascorbique dans les milieux colloïdaux. La lumière du jour a un effet destructeur très marqué; il est donc indispensable, au cours des dosages de l'acide ascor-

bique dans les milieux biologiques, de se mettre le plus possible à l'abri de la lumière. 5° Au voisinage de la concentration optima du colloïde, les conditions physiques extérieures perdent beaucoup de leur importance.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La pourriture visqueuse de la Betterave gelée : présence d'une glucofructosane*. Note de M. **Henri Belval** et M[lle] **Berthe Delaporte**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les bactéries capables de transformer le saccharose en glucides lévogyres, formant des gelées plus ou moins visqueuses, abondent dans le sol; il n'est pas surprenant qu'elles envahissent les betteraves tuées par le froid. Nous avons décrit l'une d'elles, *Phytomonas betæ-gelatæ*, ainsi que la fructosane qu'elle produit (¹).

D'un nouveau lot de racines gelées, nous avons isolé une autre bactérie qui, toujours aux dépens du saccharose, élabore non pas une fructosane, mais une *glucofructosane*. La pourriture des racines se manifeste de la même façon : noircissement de la pulpe, apparition de gouttelettes visqueuses qui suintent à la surface. Il est possible d'extraire la fructosane du jus même de la Betterave; il est plus facile de l'obtenir à partir du saccharose en culture pure.

Quelles que soient leurs origines, les produits purifiés se présentent, après dessiccation, sous l'aspect de poudres blanches, très peu hygroscopiques, facilement solubles, mais donnant des solutions opalescentes et visqueuses. Le pouvoir rotatoire est voisin de — 40°, constamment compris entre — 37° et — 42°, écart qui est dû à l'imprécision des lectures polarimétriques, du fait de l'opalescence des liqueurs. Après hydrolyse par les acides dilués, toute opalescence disparaît, le pouvoir rotatoire est égal à — 77°, à 15°. Les échantillons étant exempts de saccharose, il faut admettre, dans les produits d'hydrolyse, la présence d'un glucide dextrogyre libéré en même temps que le fructose. L'oxydation par le brome et par la méthode de Bougaud, à l'iode en milieu alcalin, permet de fixer à 75 le pourcentage du sucre aldéhydique. Ce dernier n'est autre que le glucose, comme le prouvent : l'absence d'hydrazone facilement cristallisable à froid, la production d'osazone ayant même forme cristalline et même point de fusion instantané que la glucosazone pure, et surtout l'obtention, sous l'action de l'émulsine et en présence d'alcool méthylique, de méthylglucoside qu'on a pu isoler à l'état cristallisé. Il s'agit donc bien d'une glucofructosane. C'est la première fois qu'une telle substance est signalée et identifiée parmi les fructosanes d'origine bactérienne.

(¹) H. Belval, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 854; H. Belval et B. Delaporte, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 532; B. Delaporte et H. Belval, *ibid.*, **222**, 1946, p. 1011.

Il existe dans les Monocotylédones nombre de substances analogues : toutes, à des degrés divers, sont tributaires de la sucrase; la glucofructosane d'origine bactérienne ne fait pas exception; dans une solution à 2 %, en présence de 1 % de sucrase, en dix jours, le pH étant égal à 4, il en est transformé 50 % ; il faut plus de trois semaines pour arriver à l'hydrolyse totale. Aucune confusion n'est donc possible avec la fructosane du *Phytomonas betæ-gelatæ*, sur laquelle la même sucrase demeure sans action et pour laquelle les résultats des essais d'oxydation par le brome et par l'iode ont été constamment négatifs.

Au sein des tissus, la formation du produit visqueux s'accompagne d'une inversion notable du saccharose et d'une légère fermentation alcoolique; ce mécanisme a été suivi en culture pure sur jus de Betterave partiellement déféqué à la chaux et amené à pH 7. Les résultats, au bout de dix jours, à 22°, sont les suivants : le pH est voisin de 2,5; sur 7^g de saccharose que contenait le milieu lors de l'ensemencement, il n'en subsiste plus que $0^g,72$. Il en a donc disparu $6^g,28$ que l'on retrouve en partie à l'état de sucre réducteur ($1^g,52$) et à l'état de glucofructosane ($3^g,56$). La fructosane représente ainsi 60% des glucides restant à la fin des opérations; quant au rendement par rapport au sucre initial, il est de 50%.

En culture pure (peptone 1 %, glucides 10 %), ni le glucose, ni le fructose, ni par conséquent le sucre interverti ne donnent naissance au produit lévogyre visqueux. Par contre, l'élaboration de la fructosane est indiscutable, bien que lente, avec le raffinose, le gentianose, le stachyose et le verbascose; on a pu l'isoler à l'état de complexe barytique et l'identifier par ses propriétés optiques.

Tout cela rappelle de très près ce qui se passe avec le *Phytomonas betæ-gelatæ*. Il est à remarquer toutefois que cette bactérie, douée d'un puissant pouvoir de synthèse, est rapidement mise hors d'état d'en faire usage; cela, parce qu'elle sécrète une sucrase très active qui a tôt fait d'intervertir le saccharose. En effet, en culture pure, sur le même jus de Betterave que ci-dessus, après trois jours, tout le saccharose a disparu; il s'est fait $4^g,30$ de sucre réducteur contre seulement $2^g,30$ de fructosane; et, dès lors, la teneur en fructosane n'augmente plus. Moins riche en sucrase, la bactérie de la glucofructosane prolonge son action pendant une dizaine de jours. Mais, dans un cas comme dans l'autre, la synthèse ne se poursuit que dans la mesure où le milieu contient du saccharose. L'utilisation d'osides, ayant tous en commun la propriété de posséder une molécule de fructofuranose, est tout à fait en faveur de l'hypothèse qui voit, dans le fructose instable, à l'état naissant, la matière première des fructosanes d'origine bactérienne. Quant au glucose de la glucofructosane, rien n'indique qu'il soit emprunté au glucose des polyholosides; on sait, d'ailleurs, avec quelle facilité se produisent les isomérisations dans les

cellules vivantes; ne voit-on pas l'inuline du Topinambour se transformer non seulement en synanthrine, glucofructosane typique, mais encore en saccharose ?

CHIMIE AGRICOLE. — *Action de la fumure phosphatée sur les proportions des différentes combinaisons du phosphore dans les graminées et légumineuses de prairies*. Note de M. **Louis Maume**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans une prairie expérimentale, nous avons comparé, pendant trois années consécutives, la composition chimique de graminées et légumineuses vivant côte à côte dans chacune de nos parcelles d'expériences. La présente Note fait état des résultats relevés sur parcelles témoins et sur parcelles fortement phosphatées (quatre répétitions pour chacune des deux séries).

A. *Phosphore total.* — Légumineuses et graminées dominantes échantillonnées au début de la floraison accusent dès la première année dans les carrés phosphatés une richesse en P_2O_5 très nettement supérieure à celle des témoins. Chacun des chiffres ci-dessous représente la moyenne de quatre essais.

	Graminées. — P_2O_5 dans la matière sèche. Parcelles			Légumineuses. — P_2O_5 dans la matière sèche. Parcelles	
	témoins.	phosphatées.		témoins.	phosphatées.
Avena elatior *L.*	0,28	0,50	Medicago sativa. *L.*	0,35	0,66
Dactylis glom. *L.*	0,35	0,57	Trifolium prat. *L.*	0,29	0,60
Poa prat. *L.*	0,32	0,54	Viscia cracca	0,47	0,75

Ces différences restent sensiblement identiques la deuxième année. Elles subsistent la troisième, alors même que la fumure n'a pas été renouvelée. La plasticité chimique du végétal joue ici dans une très large mesure.

B. *Phosphore lipidique, minéral, protidique.* — Nous désirions savoir si, dans cet accroissement en phosphore total des végétaux vivant dans un milieu enrichi en P_2O_5, la répartition des différentes combinaisons du phosphore de la plante était proportionnelle aux teneurs initiales dans la plante témoin.

Nous avons volontairement limité notre examen aux trois formes suivantes : phosphore lipidique (extraction par l'alcool puis par l'éther), phosphore minéral (extraction par l'alcool à 95 et 0,2 % de ClH), phosphore protidique (partie du phosphore restant) [1].

---

[1] Tout en tenant compte des observations de MM. Javillier et Colin (*Bull. Soc. Chim. biol.*, 15, 1933, p. 1552), d'une part, et Michel Durand (*Le phosphore des végétaux*, Paris, 1939 et 1940), d'autre part, il ne nous a pas paru indispensable pour notre démonstration de faire la part du phosphore nucléique ou même du phosphore glucidique. Le nombre important des échantillons ne nous l'aurait d'ailleurs pas permis. Il est donc probable que notre lot phosphore minéral, par exemple, renferme une petite proportion de phosphore d'origine glucidique et même protéique hydrolysé.

	Pour 100 p. de phosphore total.					
	P. lipidique. — Parcelles		P. minéral. — Parcelles		P. protidique. — Parcelles	
	témoins.	phosph.	témoins.	phosph.	témoins.	phosph.
Graminées.						
Avena elatior........	7,14	6,0	71,42	64,0	21,43	30,0
Dactylis glom........	9,09	5,27	66,66	63,14	24,24	31,58
Poa prat............	15,5	5,55	56,25	55,58	31,25	38,9
Légumineuses.						
Medicago sativa......	2,85	3,03	11,43	18,18	85,71	78,78
Trifolium prat.......	7,14	4,99	10,71	16,67	82,14	78,33
Viscia cracca.........	12,76	5,33	19,15	20,0	68,09	74,66
Foin des parcelles témoins.						
Légumineuses 35 %... Graminées 30 %...... Aut. familles 35 %...	3,2		32,3		64,5	
Foin des parcelles phosphatées.						
Légumineuses 45 %... Graminées 25 %...... Aut. familles 30 %...	3,7		29,6		66,5	

Observations relatives aux trois formes de phosphore étudiées. — 1° Dans un même milieu, graminées et légumineuses fourragères récoltées à la même époque physiologique équilibrent d'une façon nettement différente les trois formes de phosphore considérées : le phosphore minéral domine sur les deux autres formes dans les graminées. C'est le phosphore protidique qui tient la première place dans les légumineuses.

2° Une forte alimentation phosphatée n'a pas enrichi les tissus des graminées et des légumineuses en phosphore lipidique. Le plus souvent, au contraire, sa proportion par rapport aux autres formes a baissé.

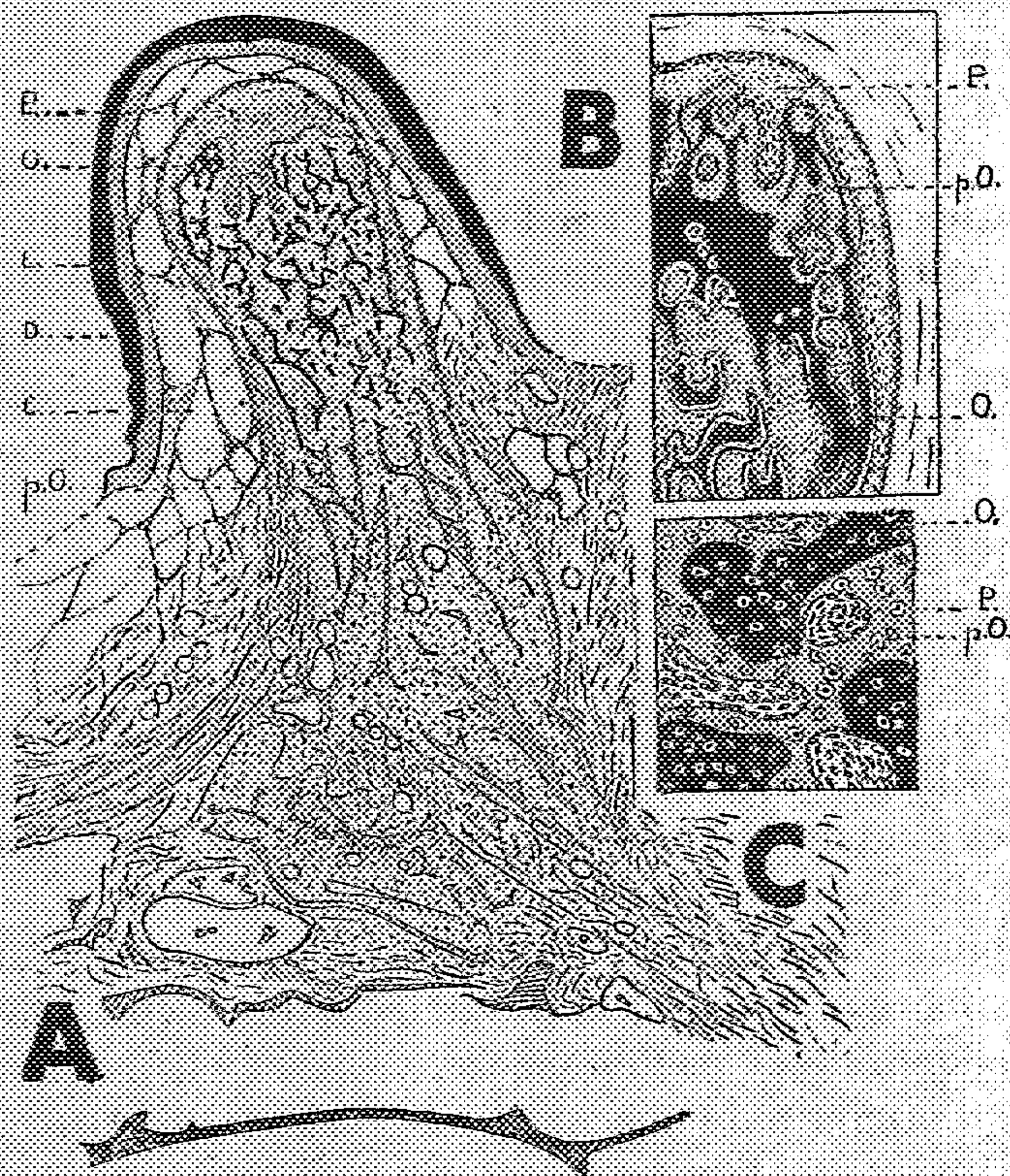
3° La fumure phosphatée a légèrement fait décroître le taux du phosphore minéral chez les graminées. Mais l'inverse se produit chez les légumineuses.

4° Le phosphore protidique a augmenté chez les graminées ayant une alimentation phosphatée, diminué chez les légumineuses au profit du phosphore minéral.

5° Enfin, le foin complet de nos parcelles d'expériences fait apparaître la prépondérance du phosphore protidique sur les deux autres formes tant dans les parcelles phosphatées que dans les parcelles témoins. La fumure phosphatée n'a pu, sur l'ensemble des plantes, modifier sensiblement les rapports des trois formes de phosphore.

ANATOMIE COMPARÉE. — *La structure de la corne du Kamichi* (Anhima cornuta *L.*) *au cours du développement*. Note de M^lle^ MADELEINE FRIANT, présentée par M. Émile Roubaud.

L'*Anhima cornuta* L., qui a donné son nom à la petite famille des *Anhimæ*, est un Oiseau archaïque de l'Amérique du Sud ayant des affinités indiscutables avec les *Phœnicopteridæ* (Flamants) [1]. Grâce à M. le Professeur H. Bluntschli, j'ai eu l'occasion d'étudier, à l'Université de Berne, la structure de la corne frontale d'un jeune *Anhima* de 50^cm^ de hauteur, ayant atteint, à peu près, le milieu de sa croissance. A ce stade, la corne



Jeune KAMICHI (*Anhima cornuta* L., *Anhimæ*) de 50^cm^ de hauteur. Collection de M. le professeur H. Bluntschli. Mission de l'Amazone, 1912. Institut d'Anatomie de l'Université de Berne. — Coupe parasagittale (I-16) de la corne frontale, déjà recouverte par les plumes. — A. Vue d'ensemble. G. N. × 10 environ. — B. Détail intéressant la région osseuse du sommet de la corne et le périoste externe. G. N. × 30 environ. — C. Détail, plus grossi, d'une partie en voie d'ossification. G. N. × 100 environ. — E, épiderme; D, couche superficielle du derme; C, cellules aériennes de la couche profonde du derme; P, périoste; *p*. O, travées osseuses non encore calcifiées; O, travées osseuses calcifiées. — L'avant est à gauche.

(1) M. FRIANT, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 592.

est seulement formée d'une saillie frontale, dont le prolongement, mince et long de 15cm environ, chez l'adulte, n'est pas encore ébauché. Une coupe sagittale montre, tout d'abord, que cet organe ne fait pas corps avec l'os frontal. À partir de la surface, on voit : l'épiderme, très développé, qui desquame; le derme, dont la couche profonde est emphysémateuse (²); le périoste, épais, fibreux vers l'extérieur, ostéogène en profondeur; les ostéoblastes auxquels il donne naissance, allongés ou arrondis, d'abord orientés comme les cellules périostiques, se disposent, ensuite, moins régulièrement : ils sont entourés d'une substance fondamentale ressemblant à celle du cartilage, mais n'en ayant pas les réactions; cette substance se calcifie; cependant, les ostéoblastes conservent l'apparence plus ou moins arrondie qu'ils avaient au moment de leur formation. Le périoste s'insinue entre les travées osseuses, et la calcification, inexistante à la base de la corne, devient, progressivement, plus intense vers le sommet.

La question qui se pose est de savoir si le tissu, très particulier, dont je viens de décrire la genèse est bien de l'os et non du cartilage. L'os de membrane et le cartilage sont, en effet, des tissus de soutien qui se forment d'une manière analogue, à partir du périoste et du périchondre. Mais le cartilage diffère de l'os par la nature de sa substance fondamentale, la forme de ses cellules, plus ou moins globuleuses, entourées d'une capsule de cartilage épais, et aussi leur mode d'accroissement interstitiel, concentrique ou en files.

Le tissu que j'ai nommé de l'os ne présente, il est vrai, ni la texture fibreuse de l'os, ni la forme étoilée des ostéoblastes; par l'aspect subsphérique de ses cellules, il ressemble même au cartilage. Mais sa substance fondamentale n'a nullement les réactions de la substance chondrogène et ses éléments cellulaires ne montrent ni les capsules, ni les divisions caractéristiques des chondroblastes. Pour ces raisons, je considère que ce tissu est vraiment du tissu osseux.

Chez les Mammifères et chez l'Homme, on connaît des parties du squelette : le maxillaire inférieur et la clavicule, notamment, dont l'origine est, à la fois, enchondrale et membraneuse. Ce n'est pas le cas pour la corne du Kamichi : d'origine uniquement membraneuse, elle représente, peut-être, une phase primitive de l'évolution du tissu osseux, rappelant, jusqu'à un certain point, le cartilage, seul élément constitutif du squelette des Vertébrés les plus archaïques : Cyclostomes, Sélaciens et Ganoïdes cartilagineux. À l'âge adulte, cette corne n'a, d'ailleurs, nullement la résistance des os de l'Oiseau, par exemple, non plus que celle de l'os cornu des Cavicornes, parmi les Mammifères ruminants.

(²) La peau des *Anhimæ* est caractérisée par la présence de nombreuses cellules aériennes.

ZOOLOGIE. — *L'intersexualité chez l'Oniscide* Porcellio dilatatus *Brdt.* Note (¹) de M. **Jean-Jacques** et Mme **Hélène Legrand**, présentée par M. Charles Pérez.

Des individus intersexués ont été fréquemment signalés chez les Isopodes terrestres, particulièrement dans la famille des *Porcellionidæ*, mais jamais, cependant, à propos de l'espèce *Porcellio dilatatus* Brdt. Au cours de quelques récoltes effectuées dans le même endroit (cave), sur 500 individus capturés, nous avons dénombré 64 intersexués (soit 12,8 %). Leur étude nous a permis de corriger ou de compléter les observations des auteurs précédents (A. Arcangeli, 1942 et A. Vandel, 1946). Les individus intersexués peuvent, sans difficulté, être classés en deux catégories.

1. Des individus, généralement de grande taille, presentant tous les caractères sexuels secondaires des mâles pubères de cette espèce. Par contre, tous possédaient, sur le 5e sternite thoracique, deux orifices sexuels, rarement un seul, ayant exactement l'aspect et occupant la position des orifices femelles normaux.

2. Des individus de toutes tailles présentant des caractères sexuels secondaires nettement intermédiaires entre les deux sexes : périopodes et orifices génitaux femelles, pléopodes 1 et 2 de conformation intermédiaire entre le type mâle et femelle, correspondant au degré de différenciation observé chez les mâles jeunes, apophyse génitale plus ou moins développée.

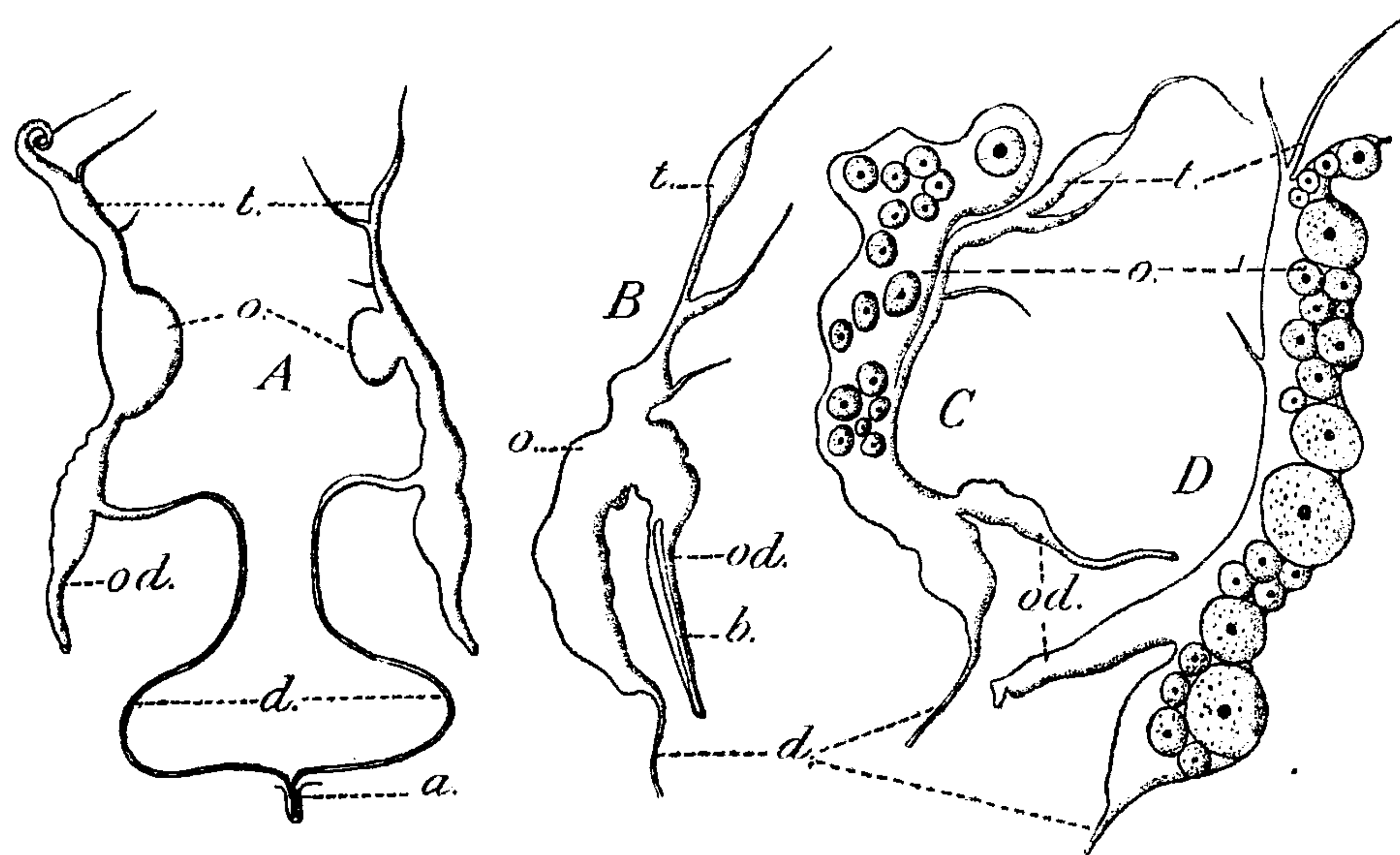
Anatomie interne. — Les intersexués 1 présentaient tous des testicules parfaitement normaux bourrés de spermatozoïdes, *sans trace d'ovocytes*. Par contre, aboutissant à chaque orifice femelle, nous avons trouvé, chez tous, un oviducte. Ces oviductes se sont révélés, à l'examen histologique, constitués par une simple invagination de la chitine externe, tapissée d'hypoderme, se terminant en cul-de-sac à quelque distance du testicule, *mais reliée à celui-ci par un tractus conjonctif* qui correspond sans nul doute à la partie mésodermique de l'oviducte, glandulaire chez la femelle normale.

Les intersexués 2 nous ont montré un rapport anatomique nouveau : chez tous les individus le rudiment d'apophyse génitale présente à l'intérieur deux canaux déférents, généralement pleins, assez ténus, qui, après un trajet sinueux rendant délicate leur dissection, aboutissent à l'extrémité distale de la gonade correspondante.

Les gonades de ces individus se sont montrées d'une grande diversité et généralement asymétriques.

(¹) Séance du 10 mars 1947.

Chez les individus de petite taille (8 à 9^{mm}), la glande est un *ovotestis*. La glande a l'apparence d'un testicule avec ses trois utricules caractéristiques, mais ceux-ci, surtout les deux postérieurs, sont presque vides, l'utricule antérieur contenant quelques gonocytes mâles restés à l'état de spermatogonies. La vésicule séminale se renfle considérablement en un



Ovotestis des intersexués 2.
t, partie testiculaire; *o*, partie ovarienne; *od*, oviducte; *b*, tube chitineux obstruant l'oviducte; *d*, canal déférent; *a*, apophyse génitale rudimentaire.

point (*fig.* A, *o*) et se termine par un renflement plus étendu d'où partent :

a. Un oviducte bien conformé, mais contenant souvent un tube chitineux (*fig.* B, *b*) en cul-de-sac analogue à celui des intersexués 1.

b. Un canal déférent généralement plein, aboutissant à l'apophyse génitale (*fig.* A, *a*). Le renflement proximal s'est révélé, en coupe, bourré de cellules analogues aux cellules folliculaires de l'ovaire normal, avec, çà et là, quelques ovocytes et quelques ovules petits, à deutoplasme visible.

Chez les individus de taille moyenne, nous avons pu observer une extension vers l'avant et vers l'arrière du renflement contenant les ovules. Vers l'avant, son extension englobe peu à peu la partie testiculaire réduite à un simple tube (*fig.* C, *t*) qui paraît collé à partir d'un certain point à la partie ovarienne contenant beaucoup plus d'ovules (*fig.* C, *o*).

Chez les individus de grande taille, la gonade est un ovaire normal, certainement fonctionnel, présentant vers l'avant trois filaments pleins, reliques des utricules du testicule primitif, presque identiques aux filaments suspenseurs d'un ovaire normal.

Tandis que les intersecués 1 sont, à ce stade, des mâles fonctionnels,

les intersexués 2 représentent, sans nul doute, des individus qui ont commencé leur développement dans le sens mâle et l'ont poursuivi dans le sens femelle. Les stades décrits précédemment représentent certainement les phases de l'évolution normale du testicule primitif en ovaire. Il est remarquable que cette labilité dans le développement des deux sexes se chiffre par des pourcentages égaux d'individus intersexués : 24 intersexués 1 contre 166 mâles normaux, soit 12,6 % ; 40 intersexués 2 contre 270 femelles normales, soit 12,9 %. Cette égalité suggère l'existence d'un hermaphrodisme primitif de la gonade évoluant sous l'effet d'un stimulus hormonal labile vers l'un ou l'autre sexe.

BIOLOGIE. — *Variations saisonnières du poids encéphalique chez les Oiseaux Passeriformes.* Note de M. **Léon Vaugien**, présentée par M. Maurice Caullery.

Des pesées d'organes effectuées systématiquement sur des Oiseaux adultes appartenant à une dizaine d'espèces différentes et tués durant les divers mois de l'année, m'ont révélé de remarquables variations saisonnières du poids encéphalique, offrant un parallélisme frappant avec le cycle reproducteur de ces espèces.

Sur 35 mésanges bleues (*Parus cœruleus* L.) *femelles adultes*, dont le poids reste sensiblement constant durant tous les mois de l'année et compris entre 10^{g} et 11^{g}, j'ai observé les variations suivantes :

De janvier à juin, le poids encéphalique reste constant et compris entre 57^{cg} et 60^{cg}. En juillet, la moyenne s'élève à 65^{cg}. Ce poids atteint ou dépasse 75^{cg} pour tous les individus tués durant les mois d'août à octobre. Puis, la moyenne redescend à 65^{cg} en novembre, à 60^{cg} en décembre. La marge de variation représente donc près de 20 % du poids total de l'encéphale. Il importe de noter que cette variation n'apparaît pas seulement sur les moyennes mensuelles des mesures, mais qu'elle affecte toutes les mesures individuelles, indépendamment des faibles variations du poids corporel des individus.

Des faits identiques ont été observés sur un lot de 29 *mâles* de la même espèce. De plus, de nombreuses observations m'ont montré qu'il s'agissait d'un phénomène général chez les Oiseaux Passériformes. Elles ont porté sur les représentants de diverses familles : Paridés, la Mésange charbonnière (*Parus major* L.), la Mésange nonnette (*Parus palustris* L.), l'Ægithale à longue queue (*Ægithalus caudatus* L.); Fringillidés : Pinson (*Fringilla cælebs* L.), Chardonneret (*Carduelis carduelis* L.), Bruant (*Emberiza citrinella* L.); Turdidés : Rouge-gorge (*Erythacus rubecula* L.), Grive musicienne (*Turdus musicus* L.). Dans tous les cas, le poids encéphalique est minimum en hiver et au printemps, maximum à la fin de l'été, et la

marge de variation est de l'ordre de 20% (de 74 à 90^{cg} pour le Pinson mâle, de 58 à 72^{cg} pour le Rouge-gorge mâle).

Ces variations du poids encéphalique sont manifestement en relation avec les phases du comportement reproducteur de l'Oiseau. La phase de poids encéphalique minimum coïncide avec la période de l'année où la reproduction peut être déclenchée par l'exposition à la lumière, comme je l'ai montré sur le Serin ([1]). Elle couvre la période effective de reproduction printanière, comme le montrent les mensurations du poids des gonades; chez *Parus cæruleus* mâle, ce poids évolue entre 2^{mg} en février et 0^{mg},5 en août, après avoir franchi un maximum voisin de 0^{g},3 en mai.

La phase de poids encéphalique maximum coïncide avec la période où s'effectue la mue, où toute reproduction est impossible et où l'animal est réfractaire à l'activation par la lumière.

Ces deux phases alternantes correspondent à des états différents de l'équilibre endocrinien général. L'avènement de la période d'inactivité reproductrice est marqué notamment par un maximum du poids de la glande thyroïde. Bien qu'il soit influencé par les facteurs externes (lumière), ce rythme physiologique, qui conditionne toute la biologie de l'Oiseau, relève de causes internes encore non précisées, peut-être hypophysaires, peut-être d'origine nerveuse. Mes observations montrent, en tout état de cause, que le système nerveux central est impliqué dans ce cycle physiologique annuel. Elles tendent à corroborer les conceptions actuelles concernant la synergie existant entre le système endocrinien et le système nerveux.

GÉNÉTIQUE. — *Sur une anomalie de l'oreille externe chez la Souris. Influence du degré de fécondation sur la fréquence de l'apparition de l'anomalie.* Note ([1]) de M. **Nicolas Kobozieff** et M^{me} **N. A. Pomriaskinsky-Kobozieff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans une série de Notes ([2]) nous avons étudié une anomalie de l'oreille externe récessive (récessivité d'ailleurs incomplète) d'un phénotype variable quant à son degré d'extériorisation et à sa localisation. Les différentes formes présentent certaines variations génotypiques. Notre anomalie incomplète se manifeste avec une fréquence double chez les mâles, c'est-à-dire qu'elle est accompagnée de *limitation relative des sexes*. Enfin, la fréquence d'apparition de l'anomalie est en raison inverse de l'âge de la mère au moment de la mise bas.

([1]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 926.

([1]) Séance du 3 mars 1947.

([2]) *Bull. Mus. Hist. Nat.*, 2^{e} série, **10**, 1, 1937; *Proc.* VII, *Congr. Genetics, Edinbourgh*, 1939; *C. R. Soc. Biol.*, **133**, 1940, p. 366 et **139**, 1945, pp. 243, 245, 305; *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 937, 1015.

Dans la présente Note, nous nous proposons de faire connaître l'influence du degré de fécondité sur la fréquence d'apparition de l'anomalie. Pour résoudre ce problème nous avons procédé à deux types de croisements : 1° *Anormal* × *Anormal;* 2° *Anormal* × *Normal overlaps.* Pour éviter l'intervention des gènes modificateurs responsables du degré d'extériorisation qui pourraient embrouiller nos résultats, nous avons eu soin de choisir des progéniteurs anormaux ayant le même degré d'extériorisation, par exemple, un pavillon tronqué, dont la troncature était autant que possible identique.

Nous avons réparti les descendants dans les deux cas en trois groupes, selon le degré de fécondité des progéniteurs (*voir* les tableaux).

Notre étude a porté dans le premier cas sur 371 descendants, dont 131 anormaux, soit une fréquence de 30,1 %, et dans le deuxième cas, sur 291 descendants dont 67 anormaux, soit une fréquence de 23 %.

Les résultats d'expérience montrent que le degré de fécondité des progéniteurs joue un rôle indiscutable dans la fréquence d'apparition de l'anomalie.

TABLEAU I. — *Croisement* Anormal × Anormal.

Numéros des groupes	I.	II. Fécondité	III.
Nombre de petits par portée	faible, 1 à 4.	moyenne, 5 à 6.	forte, 7 à 10.
Nombre de descendants	94	185	92
» » anormaux	39	67	25
% par rapport au nombre total	41,5	36,2	27,3
Nombre de descendants normaux	55	118	67
» de portées	30	34	12
» moyen de petits par portée	3,1	5,4	7,7

TABLEAU II. — *Croisement* Anormal × Normal overlaps.

Nombre total de descendants	74	106	111
» de descendants anormaux	23	29	15
% par rapport au nombre total	31,1	26,7	13,5
Nombre de descendants normaux	51	77	96
» de portées	25	19	13
» moyen de petits par portée	2,6	5,6	9,0

En effet, dans le tableau I (Anormal × Anormal), les femelles du groupe I c'est-à-dire à fécondité faible, fournissent, dans leur descendance, la fréquence maximum d'anormaux (41,5 %). Les femelles des groupes II et III, c'est-à-dire à fécondité respectivement moyenne et forte, donnent 36,2 % et 27,3 %, soit une diminution progressive de la fréquence. Dans le tableau II (*Anormal* × *Normal overlaps*), nous constatons également une diminution progressive de la fréquence d'apparition des anomalies, laquelle est en rapport avec le degré de fécondité. Ainsi, pour les groupes I, II, III elle est respectivement 31,1 %, 26,7 % et 13,5 %.

Ces fréquences sont inférieures à celles observées respectivement dans les trois groupes du cas I, ce qui s'explique aisément par l'intervention des gènes modificateurs, responsables du degré d'extériorisation ; toutefois, il faut noter que la diminution de la fréquence de manifestation de l'anomalie, dans les groupes du cas II est parallèle à celle observée dans les groupes du cas I.

En résumé, la fréquence d'apparition des anomalies auriculaires est en raison inverse du degré de fécondité; plus la mère est féconde, moins la fréquence de l'anomalie est grande.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de la pénicilline sur le métabolisme glucidique de* Clostridium sporogenes. Note de MM. **François Gros** et **Michel Machebœuf**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Des recherches sur le mécanisme d'action des antibiotiques nous ont conduits à étudier leur influence sur les métabolismes des glucides et des substances azotées de *Clostridium sporogenes*. Nous présentons ici des résultats au sujet de diverses étapes du métabolisme phosphoglucidique.

1° *La pénicilline est sans action notable sur l'activité glycérophosphatasique des suspensions de Clostridium non proliférant.* — L'hydrolyse du glycérophosphate évolue en présence de pénicilline d'une façon à peu près normale.

2° *Au contraire, la pénicilline inhibe considérablement la déphosphorylation de l'acide adénosine-triphosphorique (A. T. P.).* — Nous avons préparé le sel de sodium de l'A. T. P. à partir de muscle de Bœuf par la technique de Kerr (1). Nous en avons ajouté des quantités connues à des suspensions de microbes lavés. Le pH était fixé à 6,3 (tampon acétique : 0,4 M). Le volume total dans chaque tube était 5^{ml} contenant 30^{mg} de microbes (poids sec). Les germes avaient été récoltés après culture pendant 12 heures à 37° C. en anaérobiose stricte sur bouillon V. F. glucosé. Ils avaient été lavés deux fois par de l'eau salée à 9 ‰. Pour étudier l'action de la pénicilline, nous avons introduit dans certains tubes 500 U. O./ml. Nous opérions en anaérobiose relative (tubes étroits, ouverts). Les tubes furent maintenus 2 heures à 37° C., puis les microbes furent éliminés par centrifugation. Après défécation trichloracétique, l'A. T. P. fut mesuré en déterminant l'acide phosphorique libérable par une très brève hydrolyse (2). Dans le tableau ci-contre, P_7 représente l'acide phosphorique libéré en 7 minutes à 100° par HCl N.

(1) Stanley et Kerr, *J. of Biol. Chem.*, **139**, (1), 1941, p. 121.
(2) Lohmann, *Bioch. Zeits.*, **222**, 1930, p. 324.

Tubes..........	I.	II.	III.	IV.	V.
Suspension microbienne.......	+	+	+	+	o
A. T. P.....................	o	o	+	+	+
Pénicilline.................	o	+	o	+	o
P_7........................	o	o	34µg	174µg	253µg

En l'absence de pénicilline (tube 3), les microbes ont déphosphorylé à peu près intégralement l'A. T. P. en 2 heures, car 222µg d'acide phosphorique facilement libérable par hydrolyse ont disparu. En présence de pénicilline (tube 4), il n'en a disparu que 79µg. L'inhibition est donc considérable (64 % environ). Les résultats sont semblables si l'on opère en présence de fluorure de sodium 0,05 M.

3° *La pénicilline n'a pas d'action appréciable sur la formation d'esters phosphoriques en présence de glucose* (*milieu fluoré*). — Nous avons étudié séparément la formation des divers esters phosphoriques connus par les suspensions de *Clostridium* lavé, en présence de glucose, avec ou sans pénicilline, et nous n'avons pas obtenu de différence significative dans les conditions où nous opérions. Pour résumer, nous rapportons seulement une expérience montrant que la somme des divers composés organiques du phosphore autres que l'A. T. P. ne subit pas de variation appréciable par l'action de la pénicilline.

Nous avons opéré en anaérobiose stricte (vide) en présence des effecteurs suivants : FNa 0,06 M, Cl_2Mg 0,008 M et CO_3HNa 0,025 M. Des témoins sans glucose ou sans pénicilline furent comparés aux mélanges glucosés dans lesquels la concentration en ose était 0,075 M. Tous les tubes, sauf certains témoins, contenaient de l'A. T. P. et des phosphates minéraux. Après 4 heures à 28° C. les microbes furent éliminés, puis le liquide fut déféqué par l'acide trichloracétique. Nous avons dosé : 1° les phosphates minéraux (A); 2° l'acide phosphorique libérable par hydrolyse en 7 minutes (B), et 3° l'acide phosphorique total après destruction sulfonitrique des matières organiques (T). Nous avons calculé l'acide phosphorique présent à l'état de combinaisons organiques (³) autres que l'A.T.P. par l'équation

$$\pi = T - A - \frac{3}{2}(B - A).$$

Un tel calcul par différence ne peut donner qu'un résultat approché, mais la précision du dosage de l'acide phosphorique (⁴) est assez grande

(³) Il s'agit principalement de substances très difficilement hydrolysables car l'hydrolyse pendant 180 minutes à 100° en HCl N/1 ne libère qu'une partie de l'acide phosphorique que l'hydrolyse brève de 7 minutes n'avait pas libéré.

(⁴) Briggs, *J. of Biol. Chem.*, 53, 1922, p. 13.

et les résultats de trois expériences effectuées parallèlement sur des émulsions microbiennes différentes furent remarquablement concordants.

Expériences..........	I.	II.	III.
Glucose + A. T. P. + pénicilline....	$\pi = 350^{\mu g}$	$\pi = 505^{\mu g}$	$\pi = 410^{\mu g}$
Glucose + A. T. P................	$\pi = 380^{\mu g}$	$\pi = 475^{\mu g}$	$\pi = 410^{\mu g}$

Conclusions. — La pénicilline n'inhibe pas la lyse de l'acide glycérophosphorique par *Clostridium sporogenes* vivant, mais non proliférant. Elle n'inhibe pas non plus la formation d'esters phosphoriques par des suspensions de *Clostridium* additionnées de fluorure en présence de glucose, de phosphate et d'adénylpyrophosphate. Par contre, la pénicilline inhibe considérablement l'action du *Clostridium* vivant mais non proliférant sur l'acide adénylpyrophosphorique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Inefficacité de l'arginase hépatique vis-à-vis de diverses guanidines substituées et spécificité de l'enzyme.* Note de MM. **Jean Roche** et **Marcel Mourgue**, présentée par M. Maurice Javillier.

La spécificité de l'arginase hépatique est déterminée par la nature de la chaîne à laquelle est fixé le radical guanidique du substrat. En effet, les alcoylguanidines ne sont pas dédoublées par l'enzyme, l'acide δ-guanidovalérianique l'est beaucoup moins intensément que ses dérivés α-aminé (arginine) ou α-hydroxylé (acide arginique) et, par ailleurs, le blocage du groupement NH_2 ou OH de ces derniers les rend réfractaires à l'arginase (¹). Nous avons cherché à préciser dans quelle mesure l'action de celle-ci est liée à la présence simultanée de groupements COOH, $-NH_2$ ou OH et $NH:C(NH_2).NH-$ et à leur position dans le substrat. Les acides α-guanidylés n'étant pas hydrolysés par l'enzyme (²), nous avons étudié le comportement de leurs dérivés aminés, hydroxylés ou guanidylés dans diverses positions, de guanidoalcools, d'une guanidoamine et de diguanidines, vis-à-vis de l'arginase; les résultats obtenus sont exposés dans cette Note.

Les substrats mis en œuvre ont été préparés par action de la S-méthylisothiourée sur les amines isologues selon la méthode de Schütte (³). Ils comprennent :

une guanidoamine, la guanido-4-butylamine-1 (agmatine) et son dérivé 1-N-thiométhylé;

trois guanidoalcools, le guanidoéthanol, le guanido-3-propanol-1 et le guanido-4-butanol-1;

deux acides α-guanidylés hydroxylés, les acides α-guanido-β-hydroxypropionique et α-guanido-β-p-hydroxyphénylpropionique;

(¹) S. Edlbacher et A. Zeller, *Zeits. f. physiol. Chem.*, 234, 1936, p. 65; K. Felix et H. Schneider, *Zeits. f. physiol. Chem.*, 255, 1938, p. 132; M. M. Richards et L. Hellermann, *J. of biol. Chem.*, 134, 1940, p. 237.

(²) J. Roche et M. Mourgue, *C. R. Soc. Biol.*, 140, 1946, p. 310.

(³) *Zeits. f. physiol. Chem.*, 279, 1943, p. 52.

un acide α-guanidylé aminé, l'acide α-guanido-ε-aminocaproïque, et un acide diguanidylé, l'acide α- δ-diguanidovalérianique.

Nous avons en outre pris comme corps de référence la *l*-arginine, l'acide arginique et deux diguanidines, l'arcaïne et la syntaline ([4]). L'arginase a été préparée à partir de foie de Chien par la méthode de Richards et Hellermann ([1]). Elle a été employée à raison de 10^{mg} par 10^{cm^3} de solution renfermant le substrat M/100, SO_4Mn M/100 et des mélanges tampon au véronal sodique (Michaëlis) M/50 ou aux phosphates alcalins (Sörensen) M/15, à pH 7,2-7,8 et 9,2, la *l*-arginine étant totalement hydrolysée en 2 à 4 heures dans les conditions de l'expérience. Des dosages du groupement guanidique monosubstitué du substrat (méthode de Weber-Dumazert et Poggi) ont permis de suivre l'action de l'arginase au cours de 24 heures, dans les essais placés à 37°.

Les résultats obtenus peuvent être résumés ainsi :

1° Alors que l'introduction dans l'acide δ-guanidovalérianique d'un radical α-aminé (arginine) ou α-hydroxylé (acide arginique) rend le groupement guanidique facilement hydrolysable par l'arginase, tel n'est pas le cas pour les acides α-guanidylés. Ni l'acide α-guanido β-hydroxypropionique, ni l'acide α-guanido β-*p*-hydroxyphénylpropionique, ni l'acide α-guanido ε-aminocaproïque ne sont dédoublés par l'enzyme. Il en est de même de l'acide α-δ-diguanidovalérianique et, comme nous l'avons signalé antérieurement ([2]) des acides guanidoacétique (glycocyamine), α- et β-guanidopropioniques et α-guanidosuccinique.

2° Les guanidoalcools étudiés ne sont pas hydrolysés par l'arginase, laquelle est sans action sur le guanidoéthanol, le guanido-3 propanol-1, comme elle l'est aussi par ailleurs sur l'agmatine, sur son dérivé 1.N-thiométhylé et sur les diguanidines (arcaïne, syntaline) ([5]).

Il découle de ces faits que l'arginase ne manifeste son activité sur les dérivés guanidiques étudiés que s'ils renferment deux radicaux —COOH et —NH_2 ou — OH immédiatement voisins. NH : C(NH_2).NH — ne peut pas alors remplacer —NH_2 (cas de l'acide α-δ-diguanidovalérianique et de l'arginine) et sa présence en α rend inefficace celle de —NH_2 ou de —OH en d'autres positions (cas des acides α-guanido β-hydroxypropionique et α-guanido

([4]) L'acide arginique a été préparé par la méthode de K. Félix et M. Müller (*Zeits. f. physiol. Chem.*, **174**, 1928, p. 112) et les autres corps de référence nous ont été fournis, avec divers produits de base pour certaines synthèses, par M. Guggenhein (Hoffmann-La Roche, Bâle) et M. Pénau (U. C. L. A. F., Paris).

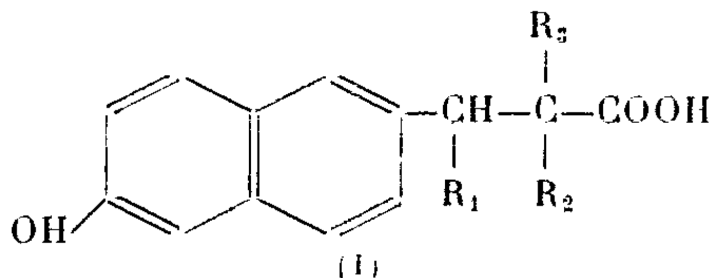
([5]) Pour Richards et Hellermann (1), l'agmatine est hydrolysée par une quantité d'arginase 170 fois plus élevée que celle dédoublant une quantité isomoléculaire d'arginine et en présence d'un excès d'ions Mn^{++}, et il en est de même de l'acide δ-guanidovalérianique (pH 9,2). Dans les conditions où nous nous sommes placés, nous n'avons observé qu'une diminution de la teneur en agmatine des milieux réactionnels due à l'adsorption de ce produit sur l'hydrate de manganèse qui précipite en 24 heures à 37°. Des expériences que nous poursuivons avec G. Lacombe permettent de penser qu'un enzyme différent de l'arginase hydrolyse l'agmatine et que les préparations des auteurs américains pouvaient renfermer de petites quantités du premier.

ε-aminocaproïque). L'existence de $-NH_2$ ou de $-OH$ sur la chaîne carbonée unie au groupement guanidique ne suffit pas pour permettre à l'arginase d'hydrolyser ce dernier et, par ailleurs, les acides guanidylés sont, les uns insensibles, les autres très peu sensibles à l'enzyme. *La présence d'un carboxyle et d'un groupement α-aminé ou α-hydroxylé est donc une condition de l'hydrolyse du substrat ou, tout au moins, renforce considérablement l'aptitude des dérivés guanidiques à subir l'action de l'arginase.*

Ces observations permettent de relier hypothétiquement la spécificité de l'arginase à la combinaison de cet enzyme à son substrat, comme on l'a fait pour les diverses peptidases. On peut envisager que l'arginase doit, pour agir, d'une part se fixer au reste guanidique et, d'autre part, orienter son groupement actif par rapport à celui-ci. Pareille orientation n'aurait lieu avec précision que si le substrat renferme $-NH_2$ ou $-OH$ au voisinage immédiat de $-COOH$, lesquels exercent l'un et l'autre sur l'enzyme une attraction pouvant reposer sur la formation d'une combinaison labile avec le groupement actif ou avec le constituant métallique de l'arginase (Mn).

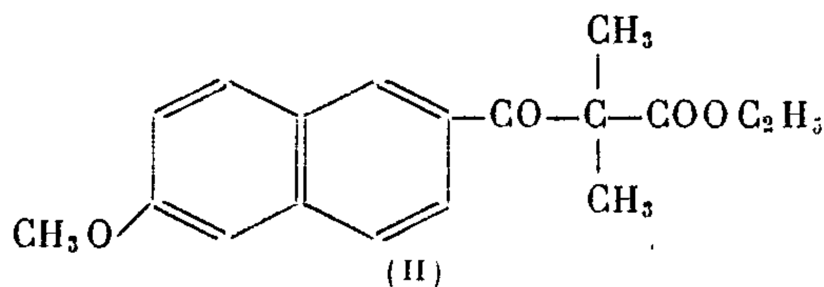
CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Structure moléculaire et activité œstrogène : acides hydroxynaphtylpropioniques substitués.* Note (¹) de MM. **Alain Horeau** et **Jean Jacques**, transmise par M. Robert Courrier.

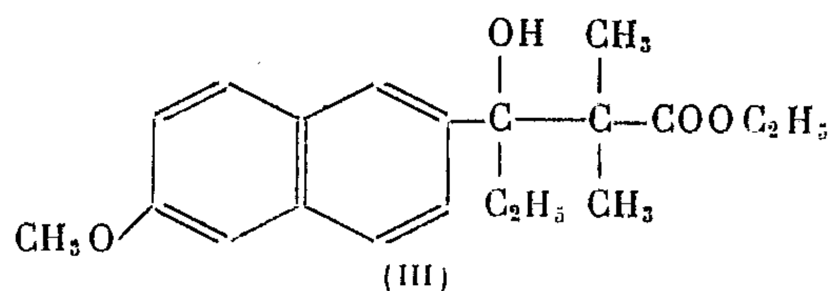
Nous avons annoncé récemment (²) que certains des acides amphihydroxy-naphtyl-β propioniques substitués du type (I) sont des œstrogènes puissants qui peuvent se comparer aux produits artificiels les plus actifs.



Nous décrivons ici deux méthodes qui permettent d'accéder facilement aux corps de cette série et, qu'à titre d'exemple, nous appliquons à la préparation du 6′ (hydroxy-2′ naphtyl)-3 diméthyl-2.2 éthyl-3 propanoïque (VI).

1° L'action ménagée du bromure d'éthyl-magnésium sur l'ester β-céto-nique (II), dont nous avons précisé précédemment les conditions de prépa-



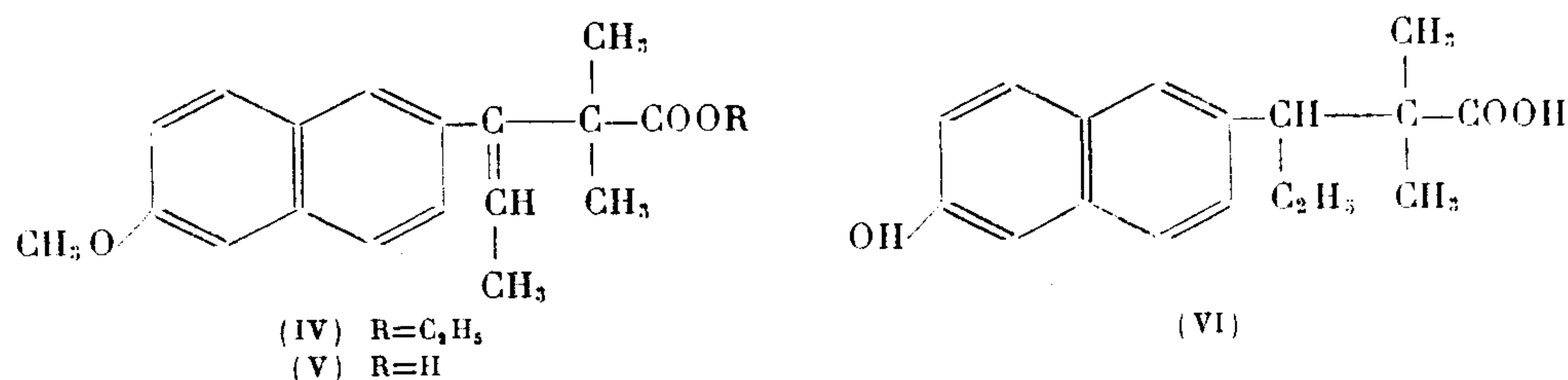


(¹) Séance du 10 mars 1947.

(²) En collaboration avec R. Courrier [*C. R. Soc. biol.*, 22 février 1947 (sous presse].

ration (³) (condensation de la cyanonéroline sur l'isobutyrate d'éthyle) fournit avec un excellent rendement un ester alcool tertiaire (III). F 66-68°; trouvé %, C 72,8, H 7,8; calculé pour $C_{20}H_{26}O_4$ %, C 72,7, H 7,9.

Par chauffage avec son poids de bisulfate de potassium, ce carbinol fournit presque quantitativement l'ester éthylénique (IV) qui a été purifié par

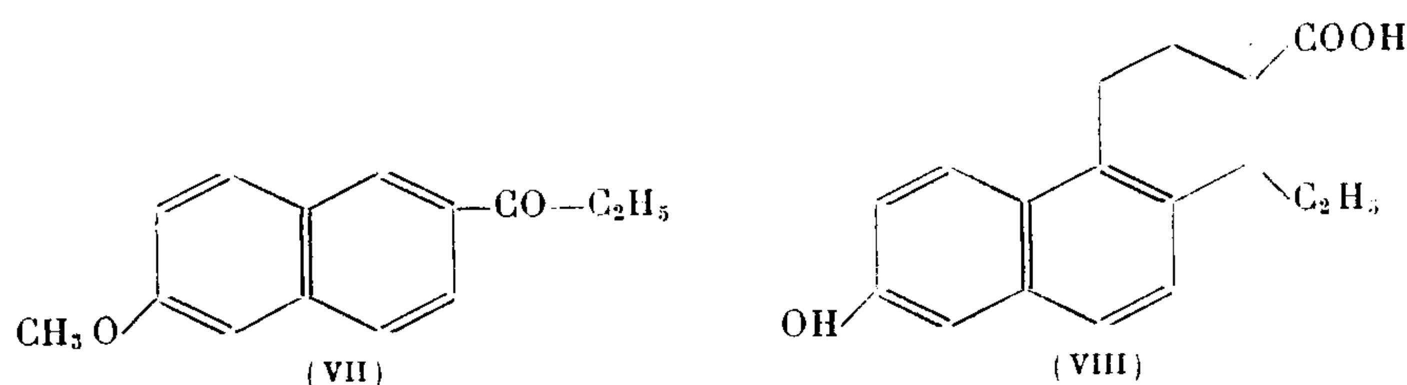


chromatographie, F 48-51°; trouvé %, C 77,1, H 7,6; calculé pour $C_{20}H_{24}O_3$ %, C 76,9, H 7,7.

Cet ester a été saponifié par chauffage avec une solution de soude concentrée et de méthylglycol : l'acide éthylénique (V) cristallisé dans l'alcool méthylique aqueux se présente sous forme de fines aiguilles brillantes, F 91-92°; trouvé %, C 76,5, H 7,2; calculé pour $C_{18}H_{20}O_3$ %, C 76,0, H 7,1.

Hydrogéné en quantité théorique par le platine Vavon (ou le nickel Raney), on obtient un acide méthoxylé (F 132°,5; trouvé %, C 75,8, H 7,6; calculé pour $C_{18}H_{22}O_3$ %, C 75,5, H 7,7), qui fournit l'acide-phénol correspondant (VI) par chauffage à 190° avec du chlorhydrate de pyridine, F 170-171°; trouvé %, C 75,5, H 7,4; calculé pour $C_{17}H_{20}O_3$ %, C 75,0, H 7,5.

2° On peut obtenir directement le carbinol (III) par réaction de Reformatsky entre le méthoxy-2 propionyl-6 naphtalène déjà connu (⁴) (VII) et l'isobutyrate d'éthyle. Dans ce cas, le produit brut de la réaction est déshydraté par



l'acide formique et saponifié comme précédemment; on aboutit ainsi à l'acide éthylénique (V) sans isoler les produits intermédiaires.

Il est intéressant de noter que cet acide (VI) est un homologue inférieur d'un *modèle ouvert* de l'acide *bisdéhydrodoisynolique* (VIII) de Miescher (⁵).

(³) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1113.
(⁴) HAWORTH et SHELDRICK, *J. Chem. Soc.*, 1934, p. 865.
(⁵) *Helv. Chim. Act.*, **27**, 1944, p. 1727.

Cet exemple apporte une preuve nouvelle de la fécondité de l'hypothèse suivant laquelle un *cycle potentiel* joue dans l'organisme le même rôle qu'un cycle fermé.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur le système phosphomonoestérasique des bacilles typhiques et paratyphiques*. Note de MM. **Marcel Paget** et **Christian Vittu**, présentée par M. Léon Binet.

Nous avons déjà rapporté ([1]) les résultats de nos recherches sur les phosphomonoestérases chez Escherichia Coli, Staphyllococcus Aureus et Albus. Nous exposons dans la présente Note les conclusions relatives à l'étude de ces enzymes chez Eberthella Typhosa, Salmonella Schotmulleri, Salmonella Paratyphi A et C ([2]). Notre protocole expérimental a, dans ses grandes lignes, été celui détaillé antérieurement ([3]).

Nos résultats. — 1° *Chez Eberthella Typhosa* (*Weldin*). *a*. *Souche* H 901. — Nombre d'essais : 8. PO_4H_3 préexistant : 24,5 ‰ d'extrait sec (chiffres extrêmes : 23,5-26,6). Un seul pH optimum d'action est observé. Il se situe dans la majorité des cas aux environs de 5,8 (2 fois il était à 6,4 et une fois à 8). L'isomère α est dédoublé plus rapidement que le β à tous les pH compris entre 4,8 et 10. On constate l'inverse entre pH 3,6 et pH 4,8. L'ion Mg^{++} M/100 est très activateur (jusqu'à + 700 et + 1500 %) en milieu acide, sauf pour les pH entre 3,6 et 4 où il est nettement inhibiteur; l'activation est moins marquée (+ 10 à + 50 %) dans la zone alcaline. L'ion $F^=$ (NaF M/100) est toujours inhibiteur. Son effet est beaucoup plus marqué (— 60 à — 100 %) dans la zone des pH bas que dans celle des pH élevés (0 à — 20 %).

La présence de la phosphatase IV *est donc indubitable*. — Celle de la phosphatase III, soupçonnée par l'action inhibitrice de l'ion Mg^{++} dans la zone de pH où son action est normalement optimum, ne peut être affirmée en raison de l'absence d'un maximum d'activité aux environs de pH 3,6. Des inhibiteurs naturels peuvent peut-être expliquer cette anomalie que nous nous proposons d'étudier ultérieurement.

b. *Souche* O 901. — Nombre d'essais : 8. PO_4H_3 préexistant : 21,4 ‰ d'extrait sec (chiffres extrêmes 16,9 et 26). Nous retrouvons pour ce bacille les

([1]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 216.

([2]) Les souches microbiennes nous ont été aimablement fournies par les Instituts Pasteur de Paris et Lille.

([3]) Contrairement à l'opinion de H. Woodard (*Cancer Research*, 7, 1942, p. 497), les glycérophosphates subissent au cours de leur séjour de six heures au bain-marie à 37° une hydrolyse non négligeable, atteignant son maximum au voisinage de pH 7. Cette hydrolyse spontanée doit donc être prise en considération.

Nous avons employé le tampon de Clark et Lubs (*Journ. of. Biol. Chem.*, 25, 1916, p. 479) de préférence au tampon (véronal + HCl) de Michaëlis qui s'était révélé à l'expérience légèrement inhibiteur de l'activité phosphatasique.

mêmes caractéristiques que pour le précédent : un seul pH optimum d'action entre 5,8 et 6,4; action préférentielle sur l'α-glycérophosphate entre pH 5 et 10 et sur l'isomère β entre 3,6 et 5; activation par Mg^{++} jusque + 500 % pour les pH bas (sauf entre 3,6 et 4 où l'effet est inversé) + 10 à + 40 % pour les pH élevés; inhibition par NaF plus intense en milieu acide (— 80 à — 100 %) qu'en zone alcaline (— 5 à — 30 %).

Donc, *présence certaine de la phosphatase* IV et existence possible de la phosphatase III. *La qualité des phosphomonoestérases d'origine bactérienne ne serait donc pas sous la dépendance des antigènes* H *ou* O.

2° *Chez Salmonella paratyphi A. Bergey. Souche Horal.* — Essais : 10 PO_4H_3 préexistant, 17 ‰ (chiffres extrêmes 13,4 à 22). A tous les pH, l'enzyme dédouble préférentiellement l'isomère α. Le pH optimum d'action varie selon l'isomère employé comme substrat. Avec le dérivé α, il se situe habituellement à pH 8,4 (une fois à 8,8 et une autre fois à 9,2). Avec le β il a été trouvé huit fois entre pH 5,8 et 6,4, deux fois à pH 7,8. Mais quel que soit l'isomère envisagé, le Mg^{++} est activateur dans toute la zone de pH, action plus intense en milieu acide (+ 60 à + 1000 %) qu'en milieu alcalin (0 à + 20 %). Le NaF inhibe l'hydrolyse des deux glycérophosphates plus fortement dans la zone acide (— 4 à — 80 %) que dans la zone alcaline (0 à — 30 %). Ces résultats assez inattendus permettent cependant de conclure à la *présence de la phosphatase* I et prouvent, contrairement à l'opinion classique, que l'action préférentielle de la phosphatase I sur le dérivé β n'est pas une constante qui l'oppose aux phosphatases II et III. L'existence d'une phosphatase IV, mise en relief par les résultats obtenus avec l'isomère β est probable. Son inactivité sur le dérivé α doit être imputée à la présence d'inhibiteurs naturels plutôt qu'à l'existence non admise de deux glycérophosphatases spécifiques.

3° *Chez Salmonella Schottmulleri. Bergey.* — Essais : 12. PO_4H_3 préexistant 19,7 ‰ d'extrait sec. (17,6-21,3). A tous les pH l'α-glycérophosphate est dédoublé plus rapidement que le β. Un premier pH optimum d'action se trouve généralement vers 5,8. Il peut être déplacé à 5,4-5,2 ou 6,4. Pour l'α-glycérophosphate, on trouve souvent un deuxième maximum aux environs de 8 (quelquefois 7,8 ou 8,2). Ce deuxième optimum est plus rare pour l'isomère β. Mg^{++} est fortement activateur en milieu acide (jusque + 450 %), sauf à pH 3,6 (— 50 %); son action est moins accusée en milieu alcalin (0 à + 55 %). L'ion F^- est inhibiteur à toute l'échelle des pH, de façon plus marquée dans la zone acide (— 38 à — 100 %) que dans la zone alcaline. Ces résultats signent *la présence de la phosphatase* IV et, eu égard aux considérations déjà développées, rendent probable celle de la phosphatase I.

4° *Chez Salmonella Paratyphi C. Andrewes. Souche Varsovie.* — Essais : 11. PO_4H_3 préexistant; 14,8 ‰ d'extrait sec (chiffres extrêmes : 12 - 18,7.)

L'α-glycérophosphate est dédoublé plus rapidement que le β, sauf parfois entre le pH 3,6 et 5,4. On trouve souvent un optimum à pH 3,6, un deuxième

à pH 5,8 et, surtout pour l'α, un troisième aux environs de 8,4. Le Mg^{++} active l'action enzymatique, sauf entre 3,6 et 4,4 et entre 7,8 et 8,6 où il l'inhibe. Le NaF provoque une inhibition presque totale en milieu acide, faible ou nulle en milieu alcalin ([4]).

Nous conclurons donc à *l'existence des phosphatases* III *et* IV et, comme précédemment, à celle possible de la phosphatase I.

MICROBIOLOGIE. — *Virulence du système germinatif des lapins inoculés de syphilis par voie cornéenne.* Note ([1]) de MM. **Constantin Levaditi** et **Aron Vaisman**, transmise par M. Gaston Ramon.

Des recherches anciennes de Neisser, Baermann et Halberstädter ([2]) et de Finger et Landsteiner ([3]) ont montré que, d'une part, le testicule des singes en incubation de syphilis expérimentale, ou en pleine évolution de la maladie, contient le virus syphilitique, et que, d'autre part, le sperme de malades sans lésions locales pouvait se révéler pathogène pour les simiens ([4]). Étant donnée l'importance du problème, considéré sur le plan du mécanisme de la transmission héréditaire de la syphilis, nous avons examiné la virulence des organes germinatifs de lapins mâles syphilisés par voie cornéenne (kératite tréponémique), en particulier du parenchyme testiculaire, de l'albuginée, de l'épididyme et du sperme.

Technique. — Cinq lapins, inoculés depuis 107 à 229 jours, atteintes de kératite, et dont le système lymphatique était virulent (preuve de la généralisation de l'infection) sont sacrifiés. A trois de ces animaux on avait déjà excisé l'un des testicules pour un premier examen effectué le 107e jour (suivi d'un second le 162e jour). Le sperme total, ou après centrifugation, de même que des fragments de testicule, d'albuginée, d'épididyme, sont inoculés à des lapins neufs, par voie sous-scrotale ou intra-testiculaire.

Ci-dessous nos résultats :

1. *Virulence du testicule.* — L'inoculation du parenchyme testiculaire de chacun des cinq lapins détermina l'éclosion de syphilômes typiques après des périodes d'incubation variant entre 26 et 61 jours.

2. *Virulence de l'albuginée.* — Éprouvée avec un mélange d'albuginées des lapins 99, 100 et 2, sacrifiés le 162e jour, elle se révéla positive (incubation variant entre 51 et 73 jours).

([4]) Nous avons même observé une légère activation.

([1]) Séance du 10 mars 1947.

([2]) *Die Exp. Syphylisforch.*, Berlin, Springer, éditeur, 1905.

([3]) *Sitzungsberichte Kais. Akad. Wissenschaft.*, Vienne, 114, 1905, p. 497; 115, 1906, p. 179.

([4]) Uhlenhuth a obtenu deux résultats positifs, sur quatre essais avec le sperme de lapins syphilisés.

3. *Virulence de l'épididyme.* — Résultats comparables aux précédents (incubation de 51 et 73 jours).

4. *Virulence du sperme.* — Cette virulence se révéla nulle chez deux lapins examinés les 189^e et 229^e jours, et cela malgré la présence du virus dans le testicule. Par contre, chez trois autres animaux, la virulence spécifique se montra nettement positive après des incubations comprises entre 39 et 104 jours.

Enfin, dans un dernier essai, le sperme fut centrifugé et les spermatozoïdes (après lavage), de même que le liquide spermatique, furent examinés. Les spermatozoïdes conférèrent la syphilis à des lapins neufs après des incubations de 51 et 73 jours et, par ailleurs, le liquide spermatique se révéla constamment pathogène après la même période d'incubation.

Il résulte de l'ensemble de ces constatations que le parenchyme testiculaire, l'albuginée, l'épididyme et le sperme des lapins syphilisés par voie cornéenne, et qui n'offraient aucune localisation spécifique décelable cliniquement au niveau des organes génitaux, contiennent le virus syphilitique. Dans quel état ?

Afin de répondre à cette dernière question, nous avons examiné, par les méthodes usuelles (ultramicroscope, frottis colorés au Fontana-Tribondeau, coupes imprégnées par la méthode à l'argent, selon les techniques de Stroesco et Vaisman et de Diéterlé) les testicules, les épididymes et les spermes hautement virulents, sans pouvoir y déceler la moindre trace de *Treponema pallidum*, ni de lésions microscopiques apparentes. Force nous est de conclure qu'à l'exemple d'autres essais antérieurs, concernant le pouvoir syphilogène de certains tissus (ganglions lymphatiques, cerveau, moelle osseuse) d'animaux syphilisés (lapins ou souris), en absence de tréponèmes décelables, nos recherches actuelles confirment notre hypothèse, selon laquelle le cycle évolutif du virus spécifique comporte un stade infravisible, quoique non filtrable.

A 16^{h}5^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^{h}35^m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de février 1947.

Rapport sur l'activité de l'Institut géographique national de 1940 *à* 1942. Paris, Imprimerie de l'Institut géographique national, 1945; 1 vol. 26cm.

Les paradoxes de l'Infini, par Émile Borel, in *L'avenir de la Science*. Paris, Gallimard, 1946; 1 vol. 20cm.

Le Monde malais. Péninsule malaise. Sumatra. Java. Bornéo. Célèbes. Bali et les petites îles de la Sonde. Moluques. Philippines, par Charles Robequain, in *Bibliothèque géographique*. Paris, Payot, 1946; 1 vol. 22cm,5.

Ministère de l'Éducation nationale. *Soixante-treizième Congrès des Sociétés Savantes de Paris et des Départements à Strasbourg* (avril 1947). *Programme*. Paris, Imprimerie nationale; 1 fasc. 23cm.

Savoir en histoire naturelle. Vol. XVI. *Ce qu'il faut savoir du monde microscopique. Méthodes de récolte, d'examen et de préparation. Éléments de microphotographie*, par L. J. Laporte. Paris, Paul Lechevalier, 1946; 1 vol. 19cm.

Fredrik Mallet och Daniel Melanderhjelm Två Uppsala-Astronomer, par N. V. E. Nordenmark. Uppsala, Almqvist et Wiksells, 1946; 1 vol. 24cm,5.

The first hundred Years of the Smithsonian Institution 1846-1946, par Webster P. True. Washington, 1946; 1 vol. 26cm.

Bi-Centenaire de l'impression sur étoffe en Alsace, 1746-1946, in *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, 1946; 1 vol, 28cm.

International council of scientific Unions. The fourth General Assembly of the international council of scientific, Unions held at London July 22nd to 24th 1946. *Reports of Proceedings*, edited by F. J. M. Stratton. Cambridge, University Press, 1946; 1 vol. 25cm.

The scientific Expedition of Jean Richer to Cayenne (1672-1673), by John W. Olmsted. Extrait de *Isis*, Vol. XXXIV, Part. 2, n° 94, 1942; 1 fasc. 16cm.

La Méditerranée, par Jules Rouch, in *Bibliothèque de Philosophie scientifique*. Paris, Flammarion, 1946; 1 vol. 19cm.

Atomes, Molécules et Lumière, par Pascaline et Raymond Daudel, in *Les Sciences et leurs applications*. Paris, La jeune Parque, 1946; 1 vol. 19cm.

Endocrinologie expérimentale, par N. B. Medvedeva. Kiev, Académie des Sciences, 1946; 1 vol. 22cm,5 (en langue russe).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 MARS 1947.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Sydney Chapman**, Membre de la Société Royale de Londres, Professeur à l'Université d'Oxford, et **Waclaw Sierpinski**, Membre de l'Académie des Sciences de Pologne, Professeur à l'Université de Varsovie, qui assistent à la séance.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce que les *Tables générales des Comptes rendus*, Première Partie, *Auteurs* (1926 à 1940), sont en distribution au Secrétariat.

M. **Emmanuel de Margerie** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie le 3e Volume de mes Mémoires, intitulé : *Critique et Géologie*. Tome III : *Études Pyrénéennes* (1). Délaissant cette fois le domaine de la Géologie générale, j'ai abordé celui de la Géologie descriptive ou Partie Régionale (*France et Pays voisins*), en reproduisant d'abord un certain nombre d'études publiées par mes soins, de 1886 à 1892, sur la Géologie de la grande chaîne franco-espagnole (p. 1168-1307), puis en fournissant le texte, en majeure partie inédit, d'un grand nombre de comptes rendus d'œuvres publiées sur les Pyrénées au cours du XIXe siècle, et qui ont fait réaliser des progrès décisifs à la connaissance de ces montagnes : Travaux du Cte de Saint-Saud et de Fr. Schrader (p. 1312-1353), Recherches poursuivies par le Service de la Carte géologique de la France (p. 1381-1404), Études des géologues allemands sur la Géologie des Pyrénées espagnoles (p. 1415-1471), etc. La deuxième moitié du volume est occupée par des *Notes bibliographiques* (p. 1486-1700), dans lesquelles sont appréciées et commentées une cinquantaine d'œuvres majeures qui, de 1823 à 1946, ont été consacrées à tout ou partie des Pyrénées, et dont plus de la moitié représentent des thèses de doctorat. L'Ouvrage se termine par la reproduction de quelques lettres reçues au cours de ma carrière, au sujet de mes publications sur les Pyrénées (p. 1701-1719).

---

(1) Paris, Librairie Armand Colin, 1946. In-4°, p. XLI-LVIII et 1157-1714, fig. 386-553.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Dosage du glutathion oxydé.* Note de MM. **Léon Binet** et **Georges Wellers.**

En 1935 et en 1936 ([1]) nous avons publié une méthode de dosage du glutathion oxydé après sa réduction par les cyanures de potassium, de sodium ou bien par le cyanure double de potassium et de cadmium. Ce procédé a été établi après de très nombreux essais et pendant plusieurs années il nous a donné pleine satisfaction. Cependant, depuis quelque temps, nous avons remarqué que les échantillons de cyanure que nous trouvons actuellement dans le commerce ne permettent d'obtenir, ni une précipitation quantitative du glutathion réduit, ni une réduction quantitative du glutathion oxydé. Suivant l'échantillon de cyanure, le lactate de cadmium peut ne précipiter que 65 à 95 % du glutathion réduit, ou bien ne réduire qu'environ 50 % du glutathion oxydé. Nous avons donc repris l'étude des conditions de la précipitation du glutathion réduit et de la réduction du glutathion oxydé en présence des cyanures.

Après des essais variés, nous avons constaté que l'addition d'une certaine quantité d'alcool éthylique aux solutions de glutathion réduit contenant les cyanures, permet, dans tous les cas, sa précipitation quantitative à l'aide de lactate de cadmium. L'expérience montre que pour assurer une précipitation quantitative du glutathion réduit, il suffit d'ajouter à ses solutions un volume d'alcool éthylique à 95° supérieur à 30 % du volume de la solution de glutathion.

D'autre part, nous avons pu nous rendre compte qu'avec les produits actuels, la réduction du glutathion oxydé n'est quantitative au bout de 30 minutes, avec des solutions de cyanure de potassium ou de cyanure double de K et de Cd, qu'en présence d'une certaine quantité de soude caustique. Les cyanures dont nous disposions autrefois contenaient probablement des alcalis ou des carbonates comme impuretés.

Compte tenu de tous ces résultats, nous effectuons les dosages du glutathion oxydé par différence entre le taux du glutathion réduit préexistant et celui du glutathion total (réduit et oxydé) suivant le mode opératoire ci-après : de l'extrait trichloracétique du tissu (1 à 2^g environ suivant sa richesse en glutathion, ou bien 5^{cm^3} du sang), prélevé suivant notre technique habituelle et épuisé par 5^{cm^3} d'acide trichloracétique à 10 % ajoutés en trois fractions de 5^{cm^3} chacune, on prend deux fois 5^{cm^3} exactement mesurés que l'on place dans des tubes à centrifuger d'une capacité de 30 à 40^{cm^3}. Dans l'un de ces deux tubes, on pratique le dosage du glutathion réduit préexistant en suivant les indications données précédemment (*loc. cit.*); dans le deuxième, on effectue

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, **119**, 1935, p. 939; *Bull. Soc. Chim. biol.*, **18**, 1936, p. 358; **20**, 1938, p. 123.

le dosage du glutathion total. On neutralise l'extrait en présence du bleu de bromothymol en versant d'abord une solution de soude diluée au 1/2 (en volumes) et en achevant la neutralisation par quelques gouttes d'une solution de soude à 0,5 % jusqu'au premier virage au bleu stable (pH 7, 4-7, 6). On ajoute alors $0^{cm^3},5$ d'une solution de cyanure de potassium à 5 % dans NaOH à 1,5 % et on laisse le mélange. Au bout de 30 minutes environ on ajoute 8^{cm^3} d'alcool éthylique à 95°, puis la quantité d'acide acétique à 10 % nécessaire pour obtenir le virage au bleu vert (si ce virage est dépassé on reneutralise avec la soude à 0,5 %) et enfin 2^{cm^3} d'une solution de lactate de cadmium à 2 %. Le mélange vire au jaune et on le ramène au bleu stable à l'aide de deux solutions de soude. Pour s'assurer que la précipitation du glutathion a été complète, on ajoute encore 1^{cm^3} de la solution de lactate de Cd à 2 % et, en cas de besoin, on reneutralise définitivement. Le fin précipité du *glutathionate de* Cd se forme presque aussitôt. Au bout de 3 heures, ou mieux le lendemain, on centrifuge, on décante le liquide surnageant en retournant brusquement le tube, on laisse s'égoutter le liquide restant et l'on verse dans le tube 10^{cm^3} d'acide phosphorique à 10 %. Dans la solution ainsi obtenue, on verse un volume exactement mesuré d'iode N/250 jusqu'à excès. Au bout de 3 à 5 minutes, on titre l'excès d'iode par l'hyposulfite de sodium N/500 en présence d'empois d'amidon. On calcule les quantités de glutathion en milligrammes et pour 100^g de tissus frais, en appliquant la formule suivante ([2]) :

$$T = \frac{(2n - n') \times 61^{mg},4}{P} \times \frac{V}{5},$$

où n = volume d'iode N/250 versé ; n' = volume d'hyposulfite N/500 employé ; P = poids prélevé de tissu ; V = volume d'extrait obtenu.

Contrairement à nos conseils précédents, nous n'essuyons plus les parois des tubes à centrifuger après décantation du liquide surnageant, mais nous laissons le liquide simplement s'égoutter, car en présence d'alcool le précipité reste parfois à la surface du liquide, se colle sur les parois et risque d'être perdu lors de l'essuyage. Enfin, nous soulignons que l'oxydation parfaite par l'iode du glutathion précipité par le lactate de cadmium et dissous dans de l'acide phosphorique nécessite un délai de trois minutes au minimum. Ce délai peut être dépassé sans dommage.

La sensibilité de la méthode est suffisante pour permettre le dosage du glutathion dans des dilutions supérieures à 1/50000 ($0^{mg},1$ dans 5^{cm^3}).

Toutes les données numériques concernant les taux du glutathion réduit et du glutathion oxydé dans les tissus, publiées antérieurement, gardent intégralement leur valeur.

([2]) Dans cette formule, le coefficient $61^{mg},4$ est déduit du poids moléculaire du glutathion, en rapport avec les titres des solutions d'iode et d'hyposulfite. Il est multiplié par 100, puisque le taux calculé se rapporte à 100^g de tissu ou de sang.

RAYONS X. — *Sur des tubes à rayons X conçus pour l'analyse spectrale du rayonnement caractéristique.* Note [1] de M. **Horia Hulubei** et M[lle] **Yvette Cauchois**.

L'émission X globale d'une anticathode sous l'impact d'un faisceau d'électrons comporte un spectre continu et les émissions caractéristiques des atomes excités. Pour toutes les recherches qui portent sur les raies caractéristiques, donc, en particulier, pour la spectrochimie X, le fond continu est gênant. La puissance de l'analyse spectrographique est conditionnée par l'intensité relative des raies caractéristiques recherchées, par rapport au rayonnement non caractéristique, à son voisinage, c'est-à-dire, entre autres, par l'importance relative du fond continu. L'excitation des spectres par fluorescence serait théoriquement parfaite de ce point de vue, puisqu'elle ne donne pas de fond continu; elle présente de plus l'avantage de laisser l'échantillon à peu près inaltéré. Mais son grand défaut est le manque d'intensité. La limite de sensibilité de détection d'un élément par fluorescence reste, d'après les résultats expérimentaux publiés, inférieure à ce qu'elle est dans l'excitation cathodique. Certaines émissions faibles ne sont peut-être pas excitées du tout vu leur nature. Il est donc utile d'améliorer l'excitation primaire. Nous nous sommes depuis bien longtemps attachés à ce problème, soit pour nos études de spectrochimie, soit pour la recherche des émissions faibles. Diverses précautions doivent être prises et certaines méthodes développées en vue de ce but. Avant la guerre, déjà, nous avons travaillé à réaliser des conditions d'excitation cathodique qui favorisent l'intensité des raies relativement au fond continu. Toutes les théories prévoient, pour le *rayonnement de freinage*, une distribution asymétrique en fonction de l'angle α de la direction d'observation avec la direction du faisceau cathodique excitateur. Elles laissent attendre un maximum d'intensité pour un angle α qui diminue à partir de 90° quand l'impulsion des électrons croît à partir de zéro; et une intensité minima pour 0 et pour 180°. Pour les anticathodes massives, où un certain nombre d'effets secondaires se font sentir, la distribution du rayonnement de freinage est modifiée surtout pour les petits angles.

L'expérience montre un maximum, déplacé vers l'avant d'un angle croissant avec l'impulsion des électrons. L'intensité serait nulle à 180° pour la longueur d'onde limite et resterait pratiquement importante à 0°, surtout pour les grandes longueurs d'onde. Après correction pour divers facteurs, les résultats expérimentaux sont en assez bon accord avec la théorie développée en mécanique ondulatoire. Le maximum dépendrait peu de la fréquence pour une tension déterminée; il serait vers 60° pour 20 kV, 55° pour 30, 50° pour 40 et 30° pour 140 kV.

---

[1] Séance du 24 février 1947.

On peut définir une *fonction d'excitation* du spectre continu qui indique le nombre d'atomes rayonnant dans l'unité de parcours d'un pinceau d'électrons de vitesse constante, et une *fonction d'ionisation* qui indique, dans les mêmes conditions, le nombre d'atomes ionisés, qui émettent des raies spectrales. Au contraire de la fonction d'excitation, la fonction d'ionisation qui donne l'intensité des émissions caractéristiques d'une série spectrale K, L, M..., disons q, ne contient pas de terme de variation angulaire, mais ne dépend que du potentiel d'ionisation E_q de la couche q, du nombre n_q d'électrons q par centimètre cube et du potentiel E employé. On sait que l'intensité d'une raie est à peu près proportionnelle à $(E - E_q)^p$, p étant voisin de 3/2 jusque vers $E = 4E_q$, tandis que le fond continu dans son ensemble suit une loi en $E^2 Z$, si Z est le numéro atomique. Ces remarques sur des faits bien connus peuvent aider à discriminer pratiquement les deux types d'émission en question.

Nous nous étions proposé d'affaiblir l'effet fâcheux du fond continu en faisant l'analyse du rayonnement de l'anticathode dans la direction où ce fond continu a une valeur relative aussi petite que possible. Les conditions optima seraient vers 0° ou mieux vers 180°. Des montages d'essai nous avaient donné des résultats encourageants. Pour l'observation aux très petits angles, nous avions utilisé nos tubes à électrons, à fenêtres minces genre *Lenard*, modifiés, par exemple, de manière à réaliser le principe d'une anticathode transparente. Une trace de substance placée sur la fenêtre du tube, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur si les électrons ont des vitesses suffisantes pour traverser la fenêtre, donne des émissions caractéristiques assez pures, si l'on arrange la géométrie du montage de telle sorte que les rayons X provenant des parois et qui sont émis sous des angles qui peuvent être grands, n'atteignent pas le cristal analyseur sous l'angle de Bragg. On peut employer une fenêtre d'aluminium ou mieux de beryllium, et dans certains cas le métal même à étudier, sous une épaisseur convenable. On peut aussi placer la substance sous incidence tangentielle dans le faisceau cathodique.

Pour l'observation à 180° qui semble *a priori* plus favorable encore, on peut utiliser des faisceaux cathodiques qui, grâce à une disposition déterminée de champs magnétique ou électrique, viennent frapper l'anticathode normalement, l'observation étant aussi elle-même normale à la surface de l'anticathode.

Sans avoir recours à ces montages spéciaux, il est possible déjà de réaliser l'observation vers 180°, grâce à des modifications simples de tubes à rayons X démontables ordinaires. Il est facile de donner des formes appropriées à la tête de cathode et à l'anticathode, et de les disposer convenablement l'une par rapport à l'autre, sans rien changer à l'ensemble du tube. Nous avons ainsi amélioré nettement la qualité de nos spectres en bombardant une anticathode par les électrons émis à environ 165° de l'axe d'observation, par une cathode incandescente placée dans une cupule de concentration convenablement

dessinée. Il faut que l'angle de visée reste correctement défini et que les rayonnements parasites de l'intérieur du tube ne contribuent pas à la formation du spectre.

Dans tous les cas, il faut prendre en considération le fait que l'on emploie une anticathode solide qui peut être massive ou mince, mais qui n'est pas *infiniment mince*; il s'y produit des changements de vitesse et des changements de parcours des électrons, ainsi que des effets secondaires d'excitation par le fond continu émis dans la profondeur de la substance qui, de plus, absorbe partiellement le rayonnement émis avant qu'il émerge.

L'angle d'attaque de la surface de l'anticathode par les électrons excitateurs et l'angle d'émergence du rayonnement entrent donc en jeu. Il faut en tenir compte pour donner à la surface de l'anticathode l'angle d'inclinaison le plus favorable pour observer l'émission caractéristique, une fois choisi l'angle de la direction d'observation par rapport au faisceau cathodique.

Remarquons encore que l'observation habituelle sous des angles voisins de 90° ne convient parfaitement, ni pour le meilleur emploi du fond continu, dans les spectres d'absorption ou les diagrammes de Laue, ni pour les meilleures conditions d'étude ou d'emploi des fréquences caractéristiques dans les spectres d'émission spécifiques de l'atome ou les diagrammes de Debye et Scherrer.

Nous croyons bon de publier ces quelques remarques qui semblent justifiées par nos résultats préliminaires, vu l'importance pratique de plus en plus grande de l'analyse spectrale appliquée au contrôle de la pureté des substances et à la recherche des éléments à l'état de traces. Notre expérience montre que la puissance de l'analyse pourrait être accrue grâce à l'application des principes indiqués.

PHYSIOLOGIE. — *Les conditions histophysiologiques à la périphérie du lobule pulmonaire chez l'Homme.* Note (¹) de M. **Albert Policard.**

La périphérie du lobule pulmonaire présente des dispositifs de structure qui impriment à son comportement histophysiologique des caractères particuliers.

I. Comme on le sait depuis très longtemps (M. Rossignol, 1846) (²), le lobule est entouré d'une enveloppe élastique située immédiatement en dedans des cloisons interlobulaires. Mince, mais forte, elle est formée de fibres élastiques rubanées de 0,8 à $2^{\mu},5$ environ, plus volumineuses que les fibres élastiques des cloisons alvéolaires et assez semblables à celles de la membrane fibro-élastique pleurale.

Ces fibres offrent toujours, en une région donnée, une direction domi-

(¹) Séance du 17 mars 1947.

(²) *Recherches sur la structure intime du poumon de l'Homme,* Bruxelles, 1846.

nante. Sur une vue de face de l'enveloppe, elles apparaissent comme un plan de rubans à peu près tous parallèles entre eux. Jamais ils ne sont entrecroisés en un plexus. Par rapport à l'ensemble du lobule et suivant les faces de celui-ci, l'orientation des rubans élastiques varie. On peut la considérer comme déterminée par les conditions mécaniques (tensions et efforts tangentiels de glissement) au niveau des diverses faces du lobule au cours des mouvements respiratoires. Les cloisons conjonctives interlobulaires, faites d'un tissu assez lâche pour permettre une certaine mobilité, correspondent aux scissures interlobaires au point de vue de la Mécanique fonctionnelle. Les lobules, unités anatomiques bien limitées, se déplacent quelque peu les uns par rapport aux autres au cours des mouvements respiratoires. L'orientation des fibres des enveloppes élastiques est commandée par les directions tensionnelles s'exerçant sur le point considéré.

II. Les rubans formant l'enveloppe élastique périlobulaire sont très voisins les uns des autres. Les intervalles qui les séparent sont de 2 à 5$^{\mu}$ environ. Leur étroitesse fait de l'enveloppe élastique une barrière efficace vis-à-vis des migrations cellulaires, allant de l'alvéole vers l'extérieur. Seules, les cellules amœboïdes de petite taille et de grande activité peuvent passer à travers elle et gagner les cloisons interlobulaires. Mais ceci est relativement rare. Les monocytes d'un certain volume, chargés ou non de corps phagocytés (cellules à poussières), ne peuvent la traverser. Ils s'accumulent contre elle et ne peuvent sortir des limites du lobule. Dans beaucoup de conditions pathologiques, on observe de telles accumulations de cellules. Elles témoignent de l'efficacité de cette barrière tissulaire, efficacité liée à l'étroitesse des espaces entre les fibres et à la nature de celles-ci, faites d'élastine résistante aux protéases leucocytaires. Du fait de cette barrière, les processus pathologiques tendent à être localisés, au moins un certain temps, dans le lobule où ils sont nés.

III. En dedans de l'enveloppe élastique périlobulaire, sans interposition d'une assise conjonctive intermédiaire d'une épaisseur appréciable, se trouvent disposées, en contact avec l'air alvéolaire, des cellules de revêtement et des capillaires sanguins.

Les cellules sont du type alvéolaire habituel. Elles sont, ou isolées et alors aplaties, ou groupées en lames épithéliales plus ou moins étendues, faites d'éléments cubiques, à sommets en dôme et n'ayant entre eux aucune adhérence par ciment, mais seulement un accolement.

On avait déjà signalé, en particulier C. C. Macklin (1937-38) (³) et E. F. Greeve, K. T. Neuberger et C. L. Davis (1943) (³), que les régions

(³) *Journ. thor. Surg.*, 7, 1937-38, p. 536; *Amer. Journ. Path.*, 19, 1943, p. 913.

alvéolaires en contact avec les cloisons interlobulaires, la plèvre ou les gaines vasculaires et bronchiques, sont des lieux favoris de pullulation des cellules alvéolaires. En réalité, le processus paraît beaucoup moins simple qu'on ne l'a considéré. Il dépend de facteurs encore imprécisés car, en beaucoup de points, on rencontre des étendues assez vastes où le tissu conjonctif est à nu, sans aucun revêtement.

Entre les cellules se trouvent des capillaires sanguins fort petits, de 10 à 12^{μ} au plus et du type habituel des capillaires alvéolaires. Les réseaux qu'ils forment sont fort lâches. Si cette région périphérique du lobule peut être assimilée à une paroi alvéolaire, ses capacités d'hématose sont certainement très réduites en raison de la pauvreté de son équipement capillaire.

IV. En dedans de la paroi périphérique du lobule se fixent les cloisons des alvéoles débouchant à la terminaison des canaux alvéolaires extrêmes (atria de certains histologistes). Au niveau de ces insertions, les fibres élastiques alvéolaires sont peu nombreuses, grêles, plus cylindriques que rubanées et sans orientation régulièrement ordonnée. Elles vont se joindre aux fibres de l'enveloppe élastique périlobulaire et disparaissent parmi elles. L'étude histologique de la zone d'insertion des cloisons alvéolaires sur l'enveloppe élastique donne l'impression d'une insertion peu solide. Un peu avant de se fixer à l'enveloppe, les cloisons alvéolaires sont particulièrement minces; les fibres élastiques y sont très rares, les fibres collagènes toujours absentes. Ceci peut expliquer la fréquence plus grande des lésions emphysémateuses dans les alvéoles périphériques du lobule et la formation facile, en ces points, de bulles emphysémateuses. Mais la rupture des cloisons ne se fait pas au niveau même de l'insertion, mais un peu au-dessous. Il n'y a pas de désinsertion des cloisons.

V. La périphérie du lobule, sur une étendue de 1 à 2^{mm}, ne renferme pas de bronchioles. Les conduits d'origine bronchique sont, en cette région, représentés seulement par les extrémités des canaux alvéolaires. La paroi discontinue de ceux-ci (pieds d'insertion ou *bourrelets* des alvéoles) est moins complexe que dans les régions centrales du lobule. Les éléments cellulaires y sont moins abondants. Les fibres musculaires ont disparu. Seules persistent les fibres élastiques (E. M. Laguesse, 1912) [1].

Dans la région périphérique également, les artères ou artérioles sont absentes ou très rares. La diminution, facile à comprendre, de ces formations histologiques, qui représentent des éléments de solidité dans le lobule, contribue à faciliter la formation d'emphysème.

Par contre, on trouve, dans cette zone périphérique, des éléments particuliers propres à elle, les *racines veineuses*, qui assurent le retour dans le

---

(1) *C. R. Ass. des Anat.*, 14e réunion, Rennes, 1912, p. 142.

réseau veineux périlobulaire du sang apporté dans le parenchyme alvéolaire par l'artère intralobulaire.

Ces racines veineuses partent du plexus veineux périlobulaire, traversent l'enveloppe élastique et pénètrent dans le lobule au sein d'une cloison alvéolaire sur une longueur de $0^{mm},5$ environ. Ce sont des conduits de 20 à 30^{μ} de diamètre avec une paroi constituée par un endothélium, une membrane conjonctive, quelques fibres musculaires lisses circulaires ou obliques, fort rares et discontinues, et un appareil élastique. Dans la cloison interlobulaire, en dehors de l'enveloppe élastique, on ne rencontre que de très rares fibrilles élastiques, très grêles, obliques en général. En dedans de l'enveloppe, dans l'intérieur du lobule, l'appareil élastique, plus développé, est constitué de quelques rares fibres circulaires en dedans et de fibres longitudinales plus nombreuses et plus fortes en dehors. L'existence d'un tel appareil élastique explique la valeur de ces racines veineuses en tant qu'éléments du système intralobulaire de tension.

Ces constatations montrent qu'il n'est pas possible de considérer comme histologiquement et fonctionnellement équivalents tous les points du lobule pulmonaire.

Dans cette unité structurale de 2 à 3^{cm^3} se trouve une région périphérique ayant une certaine autonomie histophysiologique et comparable jusqu'à un certain point dans l'ordre du lobule, au « manteau » dans l'ordre du lobe. Cette donnée ne doit pas être oubliée au point de vue physiologique et physiopathologique.

DÉSIGNATIONS.

M. **Charles Jacob** est désigné pour représenter l'Académie aux Cérémonies qui auront lieu à Vienne, du 11 au 16 mai 1947, à l'occasion du Centième anniversaire de la fondation de l'**Académie autrichienne des Sciences**.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Émile Henriot** est élu Correspondant pour la Section de Physique générale, en remplacement de M. *Henri Buisson*, décédé.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Biochimie générale et comparée du Collège de France, pour la première ligne, M. *Jean Roche* obtient 33 suffrages contre 2 à M. *Pierre Grabar*; il y a un bulletin blanc.

Pour la seconde ligne, M. *Pierre Grabar* obtient 27 suffrages; il y a un bulletin blanc.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **Jean Roche**.
En seconde ligne .... M. **Pierre Grabar**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Faune de France*. 46. *Halacariens marins*, par Marc André.

2° *Pages françaises*. N° 21 (présenté par M. Élie Cartan).

3° Godofredo Garcia. *Ecuaciones cardinales y escalares generales y completas del movimiento relativo rotacional de los fluidos viscosos complesibles. — Leyes generales de la variación de la densidad en las nebulosas constituidas en general por fluidos viscosos y en especial por un fluido perfecto en movimiento. — Generalización de la igualdad de Lagrange y de la desigualdad de Sundman para el caso de más de tres cuerpos. — Sobre el Problema Balistico del Proyectil-Cohete.*

4° Les Amis du Musée océanographique de Monaco. *Bulletin trimestriel*, n° 1, 1er trimestre 1947.

5° *Proceedings of the Egyptian Academy of Sciences*, Volume 1, 1945.

MM. **Wander Johannes de Haas**, élu Associé étranger, et **Eugène Delporte**, élu Correspondant pour la Section d'Astronomie, adressent leurs remercîments à l'Académie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarques sur des relations d'ordre entre variables aléatoires indépendantes*. Note de M. **Marcel-Paul Schützenberger**, présentée par M. Gaston Julia.

En vue d'applications à des problèmes pratiques de statistique mathématique, on s'efforcera de formuler les conditions générales auxquelles doit satisfaire une relation entre variables aléatoires indépendantes pour pouvoir être considérée comme une relation d'ordre.

Structure d'ensemble préordonné. — Étant donné un ensemble Φ_1 de variables aléatoires X_i, $i \in I$ définies sur un même ensemble C, illimité, totalement ordonné et B-mesurable, on dira que Φ est *préordonné* pour S, L : o(Φ, S, L), s'il existe une partie symétrique L de $I \times I$ contenant la diagonale, et une application S_{ii} sur l'ensemble formé par -1, 0 et $\Gamma+1$ des couples X_i, $X_{i'}$ faisant partie de L, telle que :

o_1. — pour tout i, i' : $S_{i,i'} = - S_{i',i}$.

o_2. — $S_{ii'} = 0$ entraîne : $i = i'$.

o_3. — $S_{ii'} \geqq 0$ entraîne : pour tout $d > 0$. $S(X_i, X_{i'} + d) = 1$ même si $X_{i'} + d$ n'est pas dans Φ.

o_4. — Le groupe G des transformations de C pour lequel les $S_{ii'}$ sont invariants a pour sous-groupe le groupe linéaire : $y = c(x - m)$ où $-\infty < m < +\infty$; $o < c < +\infty$.

Structure d'ensemble ordonné. — Φ sera dit *ordonné* pour S : [O(Φ, S, L) si o(Φ, S, L) et même O_1 : $S_{ii'}S_{i'i''} = 1$ entraîne $S_{ii'}S_{ii''} = 1$.

Structure de treillis. — Φ sera dit *treillis* pour S : $\mathfrak{T}(\Phi, S, L)$ si o(Φ, S, L) et $\mathfrak{T}_1$: $S_{ii'}S_{i'i''} = 1$ entraîne (i, i'') dans L, $\mathfrak{T}_2$: pour tout ii', il existe i'' telle que $S_{ii''} \geqq o$ et $S_{i'i''} \geqq o$, et $S_{ii''} \geqq o$ et $S_{i'i''} \geqq o$ entraîne $S_{i''i''} \geqq o$.

Structure d'ensemble presque totalement ordonné. — Φ sera dit *presque totalement ordonné* pour S $t(\Phi, S, L)$ si $\mathcal{O}(\Phi, S, L)$ et t_1 : (i, i') non dans L et (i', i'') non dans L entraîne (i, i'') non dans L.

Structure d'ensemble totalement ordonné. — Φ sera dit *totalement ordonné* pour S : T(Φ, S, L), si $\mathcal{O}(\Phi, S, L)$ et T_1 : $L = I \times I$.

Il est facile de voir que ces conditions sont indépendantes. Cependant o_1, o_2, $\mathfrak{T}_1$ et $\mathfrak{T}_2$ entraînent O_1, comme il ressort de ma Note à l'Académie des Sciences du 6 janvier 1947.

D'un point de vue pratique, il faut mentionner deux faits importants, d'ailleurs immédiats :

1° Pour tout Φ il existe une infinité de S pour lesquelles Φ est presque totalement ordonné : il suffit de prendre une relation d'ordre entre valeurs typiques de position.

2° On peut toujours adjoindre à Φ des fonctions lui donnant une structure de treillis presque totalement ordonné; ces treillis ont pour loi universelle [1]

$$(a+b)(c+ab) = ab + c(a+b), \qquad ab[c + d(a+b)] = a(bc+bd) + b(ac+ad).$$

Enfin, lorsque G est le groupe de toutes les transformations conservant la structure d'ordre de C, il est possible d'exprimer les S en fonction de la série (infinie) des moments des $\Gamma_{ii'}(\lambda)$ définies dans le plan de p_i et $p_{i'}$ par

$$\Gamma_{ii'}(\lambda) : F_i^{-1}(p_i) = F_{i'}^{-1}(p_{i'}) + \lambda,$$

où

$$p_i = F_i(x_i) = \text{Prob}(X_i < x_i),$$

et complétée par des segments de droites là où les fonctions F_i et $F_{i'}$ sont *simultanément* discontinues.

Ces fonctionnelles sont en outre astreintes à être nulles quand $\Gamma_{ii'}(o)$ est la diagonale $p_i = p_{i'}$ et égales à 1, quand $\Gamma_{ii'}(o)$ est la réunion $\Gamma_{(\infty)}$ des deux segments

$$\Gamma_{(\infty)} \begin{cases} o \leqq p_i < 1 & \text{et} \quad p_{i'} = o, \\ p_i = 1 & \text{et} \quad o < p_{i'} \leqq 1, \end{cases}$$

vers laquelle $\Gamma_{ii'}(\lambda)$ converge quand $\lambda \to \infty$

[1] *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 512.

Treillis des S^J. — Étant donné un ensemble Φ, l'ensemble des S^J, L^J tels que *au moins* $o(\Phi, S^J, L^J)$, forme un treillis $\Theta(\Phi)$ pour la relation « S^J *plus stricte* que $S^{J'}$ » ($S^{J'} \subset S^J$) définie par

$$\text{pour tout } i, i' \quad S^{J'}_{ii'} = 1 \quad \text{entraîne} \quad S^J_{ii'} = 1.$$

Ce treillis a un élément minimal donné par S^*, correspondant à $\Gamma_{ii'}(0) = \Gamma(\infty)$ et la structure de Φ est alors une structure presque totalement ordonnée que l'on appellera « structure minimale de Φ ».

Il est manifeste que les S^J, L^J tels que $\mathcal{O}(\Phi, S^J, L^J)$, $\mathfrak{T}(\Phi, S^J, L^J)$, $t(\Phi, S^J, L^J)$ ou $T(\Phi, S^J, L^J)$, forment des sous-treillis de Θ et n'en sont pas *nécessairement* des treillis quotients.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques inégalités pour les différences des fonctions d'une variable réelle.* Note [1] de M. **Nikola Obrechkoff**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $f(x)$ une fonction réelle et continue dans l'intervalle (a, b) et désignons par

$$(1) \qquad \omega(f; x_0, x_1, \ldots, x_n) = \sum_{i=0}^{n} \frac{f(x_i)}{F'(x_i)}, \qquad F(x) = \prod_{i=0}^{n} (x - x_i)$$

les différences divisées de Newton pour $n+1$ nombres arbitraires de (a, b). Soient encore

$$\Delta_h f(x) = f(x+h) - f(x), \qquad \Delta_h^2 f(x) = \Delta_h f(x+h) - \Delta_h f(x), \qquad \ldots$$

les différences ordinaires pour un accroissement positif h.

1. *Il existe un nombre* $\delta > 0$ *tel que, pour* $h < \delta$, *on a*

$$(2) \qquad \omega(f; x_0, x_1, \ldots, x_n) = \frac{1}{n!\, h^n} \Delta_h^n f(\zeta),$$

où $a < \zeta < b$, ζ *dépendant de* δ, *des nombres* x_i *et de* $f(x)$.

Pour la démonstration, on considère la fonction

$$\varphi(x) = f(x) - \sum_{i=1}^{n} \frac{f(x_i) F_1(x)}{(x - x_i) F'_1(x_i)} - A' F_1(x), \qquad F_1(x) = \frac{F(x)}{x - x_0},$$

où A' désigne la valeur de l'expression (1). Alors on a

$$\varphi(x_0) = \varphi(x_1) = \ldots = \varphi(x_n) = 0$$

et, d'après un théorème de M. S. Bernstein [2], on conclut que

$$\Delta_h^n \varphi(\zeta) = \Delta_h^n f(\zeta) - n!\, h^n A' = 0.$$

---

[1] Séance du 17 mars 1947.

[2] *Leçons sur les propriétés extrémales*, Paris, 1926, p. 195.

Soit maintenant $f(x)$ une fonction réelle continue dans chaque intervalle (X, a), $X < a$, et supposons qu'il existe une suite $\{x_n\}$ de nombres x_n indéfiniment décroissants tels que la limite

$$\lim_{n \to \infty} \frac{f(x_n)}{x_n^m} = A \tag{3}$$

existe pour un nombre entier $m \geqq 0$. De la suite $\{x_n\}$ on peut extraire une suite partielle $\{y_n\}$ de nombres négatifs y_n, $(y_n \to -\infty)$, tels que $(y_n/y_{n+1}) \to 0$ pour $n \to \infty$. Soient alors $x_0, x_1, x_2, \ldots, x_m$, $(m+1)$ nombres arbitraires plus petits que a et considérons l'expression suivante

$$j_f = (-1)^{p+1} y_\lambda y_{\lambda+1} \ldots y_{\lambda+p} \omega(f; x_0, \ldots, x_m, y_\lambda, y_{\lambda+1}, \ldots, y_{\lambda+p}), \qquad p = n - m - 1.$$

Dans une Note antérieure [3] nous avons démontré que j_f tend vers la limite

$$\omega(f; x_0, x_1, \ldots, x_m) - A$$

lorsque $\lambda \to \infty$. Supposons encore que pour un $n > m$ on a $\Delta_h^n f(x) \geqq 0$ pour tous les $x < a$ et $h > 0$. Le théorème 1 nous montre que $j_f \geqq 0$, et, des résultats ci-dessus, on obtient que $\omega(f; x_0, x_1, \ldots, x_m) \geqq A$. En posant

$$x_0 = x, \; x_1 = x + h, \; \ldots, \; x_m = x + mh,$$

on obtient, comme un cas particulier, l'inégalité $\Delta_h^m f(x) \geqq m!\, h^m A$ pour tous les cas $x < a$ et $h > 0$. On en tire facilement le théorème suivant :

2. *Soient $\varphi(x)$ et $\psi(x)$ deux fonctions continues dans chaque intervalle (X, a), $X < a$, et supposons que pour une valeur de n on ait $\Delta_h^n \varphi(x) \leqq \Delta_h^n \psi(x)$ pour $x < a$, $h > 0$. Supposons encore qu'il existe une suite $\{x_n\}$, $x_n \to -\infty$, telle que les limites*

$$\lim_{i \to \infty} \frac{\varphi(x_i)}{x_i^m} = B, \qquad \lim_{i \to \infty} \frac{\psi(x_i)}{x_i^m} = C \tag{4}$$

existent pour un nombre entier m, $0 \leqq m < n$. Alors on a

$$\Delta_h^m \varphi(x) - m!\, h^m B \leqq \Delta_h^m \psi(x) - m!\, h^m C \tag{5}$$

pour tous les $x < a$, $h > 0$. La démonstration se fait en appliquant le résultat précédent à la fonction $f(x) = \psi(x) - \varphi(x)$. Dans le cas $h \to 0$, on a le théorème :

3. *Soient $\varphi(x)$ et $\psi(x)$ deux fonctions dérivables jusqu'à l'ordre n pour $x < a$ et soit $\varphi^{(n)}(x) \leqq \psi^{(n)}(x)$ pour $x < a$. Supposons encore que pour une suite $\{x_n\}$, $x_n \to -\infty$, et pour un nombre entier m, $0 \leqq m < n$ les limites (4) existent. Alors on a*

$$\varphi^{(n)}(x) - m!\, B \leqq \psi^{(n)}(x) - m!\, C \tag{6}$$

pour chaque $x < a$. De plus si pour un $x = x_0$ on a dans (6) le signe d'égalité on aura le même signe pour $x \leqq x_0$.

---

[3] *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 370.

En effet, pour la fonction $f(x)=\psi(x)-\varphi(x)-(C-B)x^m$ on a $f^{(m)}(x_0)=0$ et $f^{(m+1)}(x)\geqq 0$, $x<a$, puisque $f(x_i)/x_i^{m+1}$ tend vers zéro lorsque $x_i\to-\infty$. Si pour un $x'<x_0$, $f^{(m+1)}(x')>0$, il suivra que $f^{(m)}(x_0)>0$. Donc on a $f^{(m+1)}(x)=0$, $x<x_0$. Du théorème 3, on tire facilement le résultat suivant : Si $\psi^{(m)}(x)$ ne change pas de signe pour $x<a$ et si les limites (4) existent, de $|\varphi^{(m)}(x)|\leqq|\psi^{(m)}(x)|$ pour $x<a$, il résulte que

$$|\varphi^{(m)}(x)-m!\,B|\leqq|\psi^{(m)}(x)-m!\,C|,$$

avec la même remarque pour le signe d'égalité.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Un critère de régularité des points-frontière dans le problème de Dirichlet plan.* Note (¹) de M. **François Leja**, présentée par M. Paul Montel.

Soit D un domaine plan quelconque contenant le point ∞ dans son intérieur. Désignons par F la frontière de D et supposons que le diamètre transfini de F soit positif. Soit

$$G(z) \tag{1}$$

la fonction de Green généralisée du domaine D avec le pôle ∞. On sait (G. Bouligand, *Ann. Soc. Polon. de Math.*, 4, 1925, p. 88) que pour qu'un point z_0 de F soit régulier, il faut et il suffit que $G(z)$ tende vers zéro lorsque z tend vers z_0.

Considérons une suite des polynomes quelconques

$$P_n(z)=a_0z^n+a_1z^{n-1}+\ldots+a_n \qquad (n=1, 2, \ldots), \tag{2}$$

et formons la suite

$$\frac{P_n(z)}{(1+\varepsilon)^n} \qquad (n=1, 2, \ldots), \tag{3}$$

où $\varepsilon>0$. On peut démontrer que :

Pour qu'un point z_0 de F soit régulier, il faut et il suffit que, pour chaque suite (2) uniformément bornée sur F et chaque $\varepsilon>0$, la suite (3) soit uniformément bornée dans un voisinage $|z-z_0|<r$ de z_0 [où $r>0$ dépend en général de la suite (2) et de ε].

Ce critère peut être déduit de la construction suivante de la fonction de Green. Soit $\eta=\{\eta_0, \eta_1, \ldots, \eta_n\}$ un système de $n+1$ points de F tels que le produit de toutes les distances mutuelles $|\eta_i-\eta_k|$ pour $0\leqq i<k\leqq n$ soit le plus grand possible. Formons les $n+1$ polynomes de Lagrange

$$L_n^{(i)}(z, \eta)=\frac{(z-\eta_0)\ldots(z-\eta_{i-1})(z-\eta_{i+1})\ldots(z-\eta_n)}{(\eta_i-\eta_0)\ldots(\eta_i-\eta_{i-1})(\eta_i-\eta_{i+1})\ldots(\eta_i-\eta_n)} \qquad (i=0, 1, \ldots, n). \tag{4}$$

Dans un travail antérieur (²) j'ai montré qu'on a $|L_n^{(i)}(z, \eta)|\leqq 1$ sur F et

(¹) Séance du 17 mars 1947.

(²) *Ann. Soc. Polon. de Math.*, 12, 1933, pp. 57-71.

que la suite

$$\max_{(t)} \sqrt[n]{|\mathcal{L}_n^{(t)}(z, \eta)|} \qquad (n = 1, 2, \ldots)$$

tend dans le domaine D tout entier vers une fonction limite $\mathcal{L}(z)$. Lorsque chaque point z_0 de F est situé sur un continu appartenant à F, la fonction

(5) $$\log \mathcal{L}(z)$$

est identique à la fonction de Green classique du domaine D avec le pôle ∞.

Dans le cas général, par exemple lorsque F contient des points isolés, la fonction (5) se réduit à la fonction de Green généralisée (1) du domaine D. Le critère précédent peut être déduit de ce fait et de la propriété suivante des suites de polynomes : Si une suite (1) est bornée en chaque point d'un continu quelconque contenant un point z_0, la suite (3) est uniformément bornée dans un voisinage du point z_0 quelque petit que soit $\varepsilon > 0$.

La démonstration de cette dernière propriété se trouve dans les *Math. Annalen*, 108, 1933, p. 520.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une propriété simple des polynomes.* Note (¹) de M. **Pierre Lelong**, présentée par M. Paul Montel.

Les propriétés des potentiels newtoniens dans le plan conduisent à une majoration dans tout le plan des polynomes bornés supérieurement sur un ensemble E dont la fermeture $\overline{E}$ est de capacité positive. J'appellerai pour un tel ensemble supposé borné $U(z, \overline{E})$ le potentiel de la masse -1 répartie sur $\overline{E}$, constant, valant $\log C_l$ sur $\overline{E}$, sauf aux points irréguliers de la frontière extérieure de $\overline{E}$ où l'on a $U(z, \overline{E}) > \log C_l$; C_l est la capacité logarithmique de $\overline{E}$. La fonction $V(z) = (1/n)\log|P_n(z)| - U(z, \overline{E})$, où $P_n(z)$ est un polynome de degré n, est sousharmonique dans la région extérieure à $\overline{E}$; elle y est majorée par son maximum sur la frontière extérieure de $\overline{E}$. De là on déduit facilement :

Théorème 1. — *Si* E *est un ensemble borné dont la fermeture* $\overline{E}$ *a une capacité positive, l'inégalité*

(1) $$|P_n(z)| \leq M, \qquad z \in E$$

entraîne la majoration dans tout le plan

(2) $$|P_n(z)| \leq M C_l^{-n} e^{nU(z, \overline{E})}.$$

Corollaires. — 1° La condition *nécessaire et suffisante* pour que la majoration (1) sur E entraîne pour tout $\varepsilon > 0$ l'existence d'un ensemble

(¹) Séance du 17 mars 1947.

ouvert $\Omega(E, \varepsilon)$ sur lequel on ait

(3) $$|P_n(z)| \leqq M(1+\varepsilon)^n,$$

est que la fermeture de E soit de capacité positive.

Si $\overline{E}$ est de capacité nulle, on construit en effet aisément une classe de polynomes mettant (3) en défaut, soit à partir de potentiels de masse totale négative tendant vers zéro [2] et $\leqq -1$ sur $\overline{E}$, soit, plus directement, à partir des polynomes de Tchebycheff de $\overline{E}$. Pour ensemble $\Omega(E, \varepsilon)$ on pourra prendre un ensemble ouvert quelconque contenu dans l'ensemble E_ε défini par

$$U(z, \overline{E}) < \log C_l + \log(1+\varepsilon).$$

2° Soit, dans une région D du plan, un ensemble E, sur lequel une suite $P_n(z)$ de polynomes de degrés croissants satisfait à

$$|P_n(z)| \leqq A\rho^n, \qquad \rho < 1.$$

Si $\overline{E}$ est de capacité positive, il existe une région $D' \subset D$ dans laquelle on a

$$|P_n(z)| < A\rho_1^n, \qquad \rho < \rho_1 < 1.$$

En particulier si une série $\sum_0^\infty P_n(z)$ a pour majorante une série géométrique de raison $\rho < 1$ sur un ensemble dont la fermeture est de capacité positive, elle admet une série majorante de même nature dans une région du plan.

3° *Si $f(x)$ et $g(x)$ appartiennent pour $a < x < b$ à une classe quasi analytique $\{n_k\}$ de S. Bernstein* [3], *et si l'on a $f = g$ sur un ensemble* E *dont la fermeture* $\overline{E}$ *est de capacité positive, alors on a $f \equiv g$ dans (a, b).*

En effet, $h = f - g$ est de classe $\{n_k\}$, c'est-à-dire qu'il existe une suite de polynomes P_{n_k}, et un nombre $\rho < 1$ tels que

$$|h(x) - P_{n_k}(x)| \leqq A\rho^{n_k}, \qquad x \in (a, b).$$

On a donc $|P_{n_k}(x)| \leqq A\rho^{n_k}$ sur $\overline{E}$, ce qui entraîne $|P_{n_k}(x)| \leqq A\rho_1^{n_k}$, $(\rho < \rho_1 < 1)$, sur un intervalle $\mathcal{J}$, d'où $h = f - g = 0$ sur $\mathcal{J}$ et par suite dans tout (a, b).

En particulier, si $f(x)$ non constante appartient à une classe quasi analytique $\{n_k\}$, l'*ensemble des zéros de $f(x)$ a sa fermeture de capacité nulle.*

II. Soit $\overline{E}^\star$ la fermeture d'un ensemble E borné, complétée par adjonction des régions que $\overline{E}$ sépare du point à l'infini. L'ensemble E_ε défini plus haut est un voisinage de tout point régulier (point de non-effilement) sur la frontière de $\overline{E}^\star$, la fonction $u(z, \overline{E})$ étant continue en un tel point [4]. De là on déduit

---

[2] Cf. EVANS, *Monatshefte*, 43, 1936, pp. 419-424.

[3] *Leçons sur les propriétés extrémales*, Paris, 1926, p. 163.

une propriété *locale* de E en z_0 *nécessaire et suffisante* pour obtenir (3) à partir de (1) :

THÉORÈME 2. — *La condition nécessaire et suffisante pour que, à tout $\varepsilon > 0$ corresponde un voisinage $\Omega(z_0, \varepsilon)$ de z_0 sur lequel on ait*

$$(3) \qquad |P_n(z)| \leq M(1+\varepsilon)^n,$$

quel que soit n, pour tous les polynomes majorés par M *sur* E, *est que la fermeture* $\bar{E}^\star$ *de* E *accru de ses régions intérieures ne soit pas effilée en* z_0.

Si $\bar{E}^\star$ est effilée en z_0, on formera en effet sans peine, à partir des polynomes de Tchebycheff de $\bar{E}^\star$, une suite $P_{n_p}(z)$ et une suite $z_p \to z_0$, z_p hors de $\bar{E}^\star$, telle que

$$|P_{n_p}(z)| \leq M \text{ sur } \bar{E}^\star, \qquad |P_{n_p}(z^p)| > M(1+\tau)^{n_p}, \qquad \tau > 0.$$

Si l'on veut disposer d'une majoration ([3]) valable pour tous les polynomes sur un voisinage de z_0 *indépendant de n*, il ne suffit donc pas que E soit de capacité positive, il faut encore que z_0 soit régulier sur $\bar{E}^\star$ ou (critère de Wiener) que $\int_0^{\tau_1} [\log C_t(t)]^{-1} t^{-1}\, dt$ diverge, $C_t(t)$ étant la capacité logarithmique de la partie de $\bar{E}^\star$ incluse dans le cercle $|z - z_0| < t$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation de l'équation intégrale d'Abel.* Note de M. **VLADIMIR KOSTITZIN**, présentée par M. Paul Montel.

1. Dans cette Note j'étudie l'équation intégrale

$$(1) \qquad \varphi(x) = f(x) + \sum_{h=0}^{n-1} \frac{\lambda_h}{\Pi\left(-\frac{h}{n}\right)} \int_0^x \varphi(z)(x-z)^{-\frac{h}{n}}\, dz = f(x) + \sum_{h=0}^{n-1} \lambda_h \Phi_{-\frac{h}{n}}(x).$$

en posant

$$(2) \qquad \Phi_s(x) = \frac{1}{\Pi(s)} \int_0^x \varphi(z)(x-z)^s\, dz, \qquad \Pi(s) = \Gamma(s+1) \qquad (s > -1).$$

Du point de vue formel, le procédé d'inversion bien connu sous le nom de transformation de Riemann-Mellin permet de résoudre l'équation (1), mais on ne peut pas considérer cette solution comme effective, et les opérations de calcul ne sont pas tout à fait élémentaires. La méthode que je propose ne comporte que des intégrations dans le champ réel et des opérations algébriques simples.

2. Tout d'abord, une remarque est nécessaire : en appliquant à la fonc-

([1]) Cf. DE LA VALLÉE POUSSIN, *Les nouvelles méthodes de la théorie du potentiel*, Paris, *Act. Sci.*, n° 578, p. 35, et M. BRELOT, *Points irréguliers et transformations continues en théorie du potentiel* (*Journal de Math.*, 19, 1940, p. 319).

tion $\Phi_s(u)$ la transformation intégrale $\int_0^x (x-u)^t\,du$, on obtient une fonction du même type

$$(3) \qquad \frac{1}{\Pi(t)}\int_0^t (x-u)^t \Phi_s(u)\,du = \Phi_{1+s+t}(x).$$

Cette opération, appliquée à l'équation (1) avec

$$t = -\frac{n-1}{n},\ -\frac{n-2}{n},\ \ldots,\ -\frac{1}{n},\ 0,\ \frac{1}{n},\ \ldots,\ n-2-\frac{1}{n},\ n-2,$$

donne un système de (n^2-n) équations linéaires entre les fonctions $\Phi_{\frac{i}{n}}(x)$. Parmi ces fonctions, il y a (n^2-n) fonctions à indice fractionnaire, et l'on peut les éliminer entre ces équations et l'équation primitive (1). On obtient de cette façon une équation différentielle linéaire, d'ordre n, à coefficients constants, par rapport à la fonction $U(x)=\Phi_{n-2}(x)$. Cependant, il n'y a aucune nécessité d'exécuter ces opérations simples mais fastidieuses, pour obtenir la solution. En effet, ce que nous avons dit suggère immédiatement la forme de la solution :

$$(4) \qquad \varphi(x) = f(x) + \sum_{i=0}^{n-1} L_i F_{-\frac{i}{n}}(x) + \sum_{k=1}^{n}\sum_{i=0}^{n-1} M_{ik}\int_0^x e^{\rho_k z} F_{-\frac{i}{n}}(x-z)\,dz,$$

avec

$$(5) \qquad F_s(x) = \frac{1}{\Pi(s)}\int_0^x (x-u)^s f(u)\,du,$$

ρ_k étant une des n racines de l'équation caractéristique que nous allons former.

3. En portant la fonction (4) dans l'équation (1) et en comparant les coefficients, on trouve les relations suivantes :

$$(6) \qquad L_{n-1} = \lambda_{n-1}, \qquad L_m = \lambda_m + \sum_{n+m=h+i} L_i\lambda_h \qquad (m = 0, 1, \ldots, n-2);$$

$$(7) \qquad L_m = \sum_{k=1}^{n} \frac{M_{mk}}{\rho_k} \qquad (m = 0, 1, \ldots, n-1);$$

$$(8) \qquad \begin{cases} M_{n-1,k} = \dfrac{1}{\rho_k}\displaystyle\sum_{n-1=h+i} \lambda_h M_{ik} & (k = 1, 2, \ldots, n), \\ M_{mk} = \displaystyle\sum_{n-m=h+i} \lambda_h M_{ik} + \dfrac{1}{\rho_k}\sum_{m=h+i} \lambda_h M_{ik} & (m = 0, 1, \ldots, n-2;\ k = 1, 2, \ldots, n). \end{cases}$$

Éliminant les coefficients M_{ik} du système (8), on obtient l'équation caractéristique

$$(9) \qquad 0 = \begin{vmatrix} \lambda_0-\rho & \lambda_1 & \lambda_2 & \ldots & \lambda_{n-2} & \lambda_{n-1} \\ \rho\lambda_{n-1} & \lambda_0-\rho & \lambda_1 & \ldots & \lambda_{n-3} & \lambda_{n-2} \\ \rho\lambda_{n-2} & \rho\lambda_{n-1} & \lambda_0-\rho & \ldots & \lambda_{n-4} & \lambda_{n-3} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \rho\lambda_2 & \rho\lambda_3 & \rho\lambda_4 & \ldots & \lambda_0-\rho & \lambda_1 \\ \rho\lambda_1 & \rho\lambda_2 & \rho\lambda_3 & \ldots & \rho\lambda_{n-1} & \lambda_0-\rho \end{vmatrix} = G(\rho)$$

permettant de calculer les exposants $\rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_n$. D'autre part, $n(n-1)$ équations linéairement indépendantes choisies dans le système (8) et n équations (7) permettent de calculer les coefficients M_{mk}. En réalité, il n'y a aucune nécessité de manier le système de n^2 équations linéaires pour calculer ces coefficients. Les permutations cycliques et la formation des moments $\sum_{k=1}^{n} \rho_k^s M_{mk}$ permettent de simplifier et d'abréger considérablement les calculs. Par rapport à ρ_k le coefficient M_{mk} peut être présenté sous la forme

$$M_{mk} = \frac{N_m(\rho_k)}{G'(\rho_k)}, \tag{10}$$

$N_m(\rho_k)$ étant un polynome par rapport à ρ_k. Donc, dans le cas des racines multiples de l'équation (9), la solution peut présenter des singularités.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Les espaces métriques à quatre dimensions fondés sur la notion d'aire à deux dimensions.* Note (¹) de M. **Robert Debever**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soient V_4 une variété analytique réelle à quatre dimensions et $A_4(z)$ l'espace linéaire tangent à V_4 au point (z). Nous supposons donnée *a priori* dans $A_4(z)$ une mesure bivectorielle qui associe à tout bivecteur de $A_4(z)$ de composantes $Z^{rs}(r, s = 1, 2, 3, 4)$ le nombre

$$L(z^r, Z^{rs}). \tag{1.1}$$

Nous supposerons que : 1° L est analytique en ses arguments et définie en tout point (z) de V_4 et pour toutes les valeurs finies des six variables Z^{rs} considérées comme variables indépendantes; 2° L est positive sauf pour $Z^{rs} = 0$ où L est nulle; 3° L est positivement homogène et du premier degré en les Z^{rs}; 4° la matrice d'ordre 6 dont les éléments sont $\partial^2 L/\partial Z^{rs}\partial Z^{tu}$ est de rang 5; 5° L possède un minimum nul pour $Z^{rs} = 0$.

Les composantes d'un bivecteur Z^{rs} sont liées par la relation

$$Z^{12}Z^{34} + Z^{13}Z^{42} + Z^{14}Z^{23} = 0. \tag{1.2}$$

Nous pouvons toujours supposer que *l'on a sur* (1.2)

$$\frac{\partial L}{\partial Z^{12}}\frac{\partial L}{\partial Z^{34}} + \frac{\partial L}{\partial Z^{13}}\frac{\partial L}{\partial Z^{42}} + \frac{\partial L}{\partial Z^{14}}\frac{\partial L}{\partial Z^{23}} = 0. \tag{1.3}$$

Si nous posons

$$g_{rs,tu} = \frac{\partial^2 \frac{1}{2} L^2}{\partial Z^{rs}\partial Z^{tu}}, \tag{1.4}$$

(¹) Séance du 17 mars 1947.

et

(1.5) $$g^2 = det\,|g_{rs,tu}| \qquad (r < s,\ t < u = 1, 2, 3, 4),$$

nous pouvons supposer aussi que *l'on a sur* (1.2)

(1.6) $$\frac{1}{2} g_{\overline{rs},\overline{tu}} \frac{\partial L}{\partial Z^{tu}} = \frac{g}{L} \frac{\partial L}{\partial Z^{rs}}.$$

Dans (1.6) les suites $(rs,\ \overline{rs})$ et $(tu,\ \overline{tu})$ forment une permutation paire de la suite (1, 2, 3, 4).

2. A tout élément de contact bidimensionnel $(z^r,\ Z^{rs})$ nous pouvons associer un espace linéaire $\mathfrak{A}_4(z, Z)$ dans lequel se trouvent définies d'une manière intrinsèque : *a*. une mesure 4-vectorielle ou élément de volume

(2.1) $$\sqrt{g(z, Z)}\, X^{1234},$$

où X^{1234} désigne un 4-vecteur quelconque de $\mathfrak{A}_4$; *b*. une famille quadratique $\mathcal{C}$ de biplans d'équation

(2.2) $$\mathcal{C} = \frac{1}{4} g_{rs,tu} X^{rs} X^{tu} = 0,$$

où les X^{rs} sont les composantes d'un bisecteur de $\mathfrak{A}_4$.

3. Si la famille $\mathcal{C}$ est formée des biplans tangents à un cône d'équation

(3.1) $$g_{rs}(z, Z) X^r X^s = 0,$$

où les X^r sont les composantes d'un vecteur de $\mathfrak{A}_4$; $\mathfrak{A}_4$ est un espace euclidien.

Les mesures bivectorielles L pour lesquelles il en est ainsi seront désignées par L_M.

La donnée sur V_4 *d'une mesure bivectorielle* L_M *permet de regarder* V_4 *comme un espace* $\mathfrak{V}$, *d'éléments de contact bidimensionnels localement euclidien.*

Dans $\mathfrak{V}$, à chaque élément (z, Z) est associée une métrique généralisée définie positive et l'on a

(3.2) $$g_{rs,tu} = g_{rt} g_{su} - g_{ru} g_{st},$$

(3.3) $$(gg^{pt})^2 = \begin{vmatrix} g_{qr,uv} & g_{rs,uv} & g_{sq,uv} \\ g_{qr,vw} & g_{rs,vw} & g_{sq,vw} \\ g_{qr,wu} & g_{rs,wu} & g_{sq,wu} \end{vmatrix};$$

dans (3.3) les suites $(p,\ q,\ r,\ s)$ et $(t,\ u,\ v,\ w)$ forment des permutations paires de la suite (1, 2, 3, 4).

4. Nous avons établi que l'on peut définir sur $\mathfrak{V}$ une classe de connexions euclidiennes. La donnée de L en (1.1) est équivalente à celle d'une aire élémentaire

$$dS_2 = L(z^r, [dz^r dz^s]).$$

Les espaces $\mathfrak{V}$ sont donc construits à partir de la donnée *a priori* de l'aire bidi-

mensionnelle de V_4. Ils se placent à côté de certains espaces étudiés par E. Cartan [2].

5. Ces considérations s'étendent au cas d'une variété analytique V_n dans laquelle on se donne *a priori* l'aire m-dimensionnelle. Nous retrouverons les résultats obtenus par A. Kawaguchi et S. Hokari dans les cas où m et n sont premiers entre eux [3].

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les identités de Bianchi et Veblen.* Note de M. **Richard Blum**, présentée par M. Élie Cartan.

On sait que dans un espace à connexion symétrique ($\Gamma^i_{ab} = \Gamma^i_{ba}$) on peut introduire des coordonnées normales de façon qu'en un point (P) arbitrairement choisi, on ait

$$(1_1)\quad (\Gamma_{ab})_P = 0; \qquad (1_2)\quad \left(\sum \frac{\partial \Gamma^i_{ab}}{\partial x^c}\right)_P = 0; \qquad (1_3)\quad \left(\sum \frac{\partial^2 \Gamma^i_{ab}}{\partial x^c\, dx^d}\right)_P = 0, \quad \ldots,$$

où Σ désigne la somme des dérivées de Γ^i_{ab} symétrique aux indices a, b et les indices de dérivation c, d, ... Dans ce cas, on a

$$(2)\qquad \left(\frac{\partial^2 \Gamma^i_{ab}}{\partial x^c\, \partial x^d}\right)_P = \frac{1}{6}(5R^i_{bac,d} + 4R^i_{cba,d} + 3R^i_{cad,b} + 2R^i_{dcb,a} + R^i_{dba,c})_P,$$

où R^i_{abc} désigne le tenseur de courbure et l'indice après la virgule signifie la dérivation covariante [1].

Tandis que M. O. Veblen obtient les relations (1) en considérant les géodésiques (paths) de l'espace, M. G. Vranceanu introduit les coordonnées normales par une voie directe [2], d'où il suit que les relations (1) sont les seules conditions auxquelles sont soumis les paramètres Γ^i_{ab} d'un espace à connexion symétrique générale. Cela nous permet de déterminer le nombre (N) des identités auxquelles doivent satisfaire les $R^i_{abc,d}$. Ces identités, distinctes et indépendantes, formeront ainsi un système complet (A) des identités de $R^i_{abc,d}$, au sens que toute autre identité sera une conséquence du système (A).

A cause de (1) et (2), on a

$$(3)\qquad \text{nombre de } \frac{\partial^2 \Gamma^i_{ab}}{\partial x^c\, \partial x^d} - \text{nombre de } \sum \frac{\partial^2 \Gamma^i_{ab}}{\partial x^c\, \partial x^d} = \text{nombre de } R^i_{abc,d} - N,$$

ou

$$\frac{n^3(n+1)^2}{4} - \frac{n^2(n+1)(n+2)(n+3)}{24} = \frac{n^3(n^2-1)}{3} - N,$$

---

(2) *Les espaces métriques fondés sur la notion d'aire; les espaces de Finsler* (*A. S. I.*, nos 72 et 79, Paris, 1933 et 1934).

(3) *Proc. Imp. Acad. Jap.*, **16**, 1940, pp. 320-325.

(1) Voir O. Veblen, *Normal coordinates for the Geometry of Paths* (*Proc. Nat. Ac. of Sciences*, **8**, 1922, pp. 192-197).

(2) *Leçons de Géométrie différentielle*, Bucarest (sous presse).

d'où

(3') $$N = \frac{n^2(n^2-1)(n-2)}{8}.$$

Un système connu d'identités de $R^i_{abc,d}$ est constitué par les identités de Bianchi

$$B^i_{abcd} = R^i_{abc,d} + R^i_{acd,b} - R^i_{adb,c} = 0.$$

Les B^i_{abcd} satisfont évidemment à une symétrie cyclique dans les indices b, c, d (c'est-à-dire que a et i étant fixes, pour chaque triple $b \neq c \neq d$, il existe un seul B^i_{abcd}); et à l'identité supplémentaire ([3])

(4) $$B^i_{abcd} = B^i_{bcda} + B^i_{cdba} + B^i_{dbca}.$$

Pour chaque quadruple $a \neq b \neq c \neq d$ il existe (i étant fixé) une seule relation (4). Le nombre des identités de Bianchi est donc

$$n^2\frac{n(n-1)(n-2)}{6} - n\frac{n(n-1)(n-2)(n-3)}{24} = \frac{n^2(n^2-1)(n-2)}{8}.$$

De (3') il résulte :

Les identités de Bianchi forment un système complet d'identités de $R^i_{abc,d}$.

Il en résulte que les identités de Veblen ([2])

$$V^i_{abcd} = R^i_{bac,d} + R^i_{cbd,a} + R^i_{dca,b} + R^i_{adb,c} = 0,$$

sont une conséquence des identités de Bianchi. En effet, on a

$$V^i_{abcd} = B^i_{abcd} + B^i_{cdab}.$$

D'autre part on peut déduire la relation

$$B^i_{abcd} = \frac{1}{2}(V^i_{abcd} + V^i_{acdb} + V^i_{adbc}).$$

Il en résulte : *Les identités de Veblen forment, elles aussi, un système complet d'identités de* $R^i_{abc,d}$.

Les résultats obtenus s'étendent facilement au cas d'un espace riemannien $V_n(ds^2 = g_{ab}\,dx^a\,dx^b)$. En effet, le nombre des $\partial^2\Gamma^i_{ab}/\partial x^c\,\partial x^d$ indépendants étant égal au nombre des $\partial^3 g_{ab}/\partial x^c\,\partial x^d\,\partial x^e$, la relation (3) s'écrit

$$\frac{n(n+1)}{2}\,\frac{n(n+1)(n+2)}{6} - n\frac{n(n+1)(n+2)(n+3)}{24} = \frac{n^2(n^2-1)}{12} - N',$$

d'où

$$N' = \frac{n^2(n^2-1)(n-2)}{24},$$

c'est-à-dire exactement le nombre des identités de Bianchi d'un V_n ([3]).

([3]) Voir R. Blum, *Bull. Sect. Sci. Ac. Roumaine*, **28**, n° 6.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *La réflexion répétée des ondes de choc.* Note [1] de M. STEWART PATERSON.

Les résultats donnés par M. A. Herpin [2] se laissent étendre pour décrire la réflexion répétée des ondes de choc dans un gaz idéal dont le rapport γ des chaleurs spécifiques est constant. Supposons qu'un tel gaz soit enfermé dans un tube rigide, et qu'un piston rigide s'avance avec une vitesse uniforme U vers le bout fermé du tube. Employant les notations de M. Herpin, prenons c_n, u_n comme vélocité de la $n^{\text{ième}}$ onde de choc (O_n), et du gaz qui la poursuit, relative au gaz qui précède O_n; p_n, ρ_n, T_n, a_n sont les pression, densité, température absolue et vitesse du son derrière O_n. Faisons de plus $\varpi_n = p_n/p_{n-1}$, $x_n = \rho_n/\rho_{n-1}$, $\Theta_n = T_n/T_{n-1} = a_n^2/a_{n-1}^2$, $\Psi_n = u_n^2/a_{n-1}^2$, $\delta_n = c_n^2/a_{n-1}^2$, $\beta = (\gamma+1)/(\gamma-1)$. Alors, suivant Hugoniot, on a

$$x_n = \frac{\beta\varpi_n + 1}{\varpi_n + \beta}; \qquad \Psi_n = \frac{(\beta-1)^2(\varpi_n - 1)^2}{(\beta+1)(\beta\varpi_n + 1)}; \qquad \delta_n = \frac{\beta\varpi_n + 1}{\beta + 1};$$

et, naturellement

$$\Theta_n = \frac{\varpi_n}{x_n}.$$

Cependant, $u_n = U$; donc $\Psi_{n-1} = \Psi_n \Theta_{n-1}$. Cela veut dire

$$\frac{(\varpi_n - 1)^2}{(\beta\varpi_n + 1)} = \frac{(\varpi_{n-1} - 1)^2}{\varpi_{n-1}(\varpi_{n-1} + \beta)},$$

ce qui correspond à la formule (5) de M. Herpin. Elle se simplifie ainsi

$$\varpi_n = \frac{(\beta+2)\varpi_{n-1} - 1}{\varpi_{n-1} + \beta}, \tag{1}$$

formule de récurrence pour ϖ_n. On obtient alors

$$x_n = \frac{\beta x_{n-1} - 1}{x_{n-1} + \beta - 2}, \tag{2}$$

$$\delta_n = \frac{(\beta+1)\delta_{n-1} - 1}{\delta_{n-1} + \beta - 1}. \tag{3}$$

De (1), (2), (3) on déduit

$$\varpi_n = \frac{(\beta+1)\varpi_1 + (n-1)(\varpi_1 - 1)}{\beta + 1 + (n-1)(\varpi_1 - 1)}, \tag{4}$$

$$x_n = \frac{(\beta-1)x_1 + (n-1)(x_1 - 1)}{\beta - 1 + (n-1)(x_1 - 1)} = \frac{\beta\varpi_1 + 1 + (n-1)(\varpi_1 - 1)}{\varpi_1 + \beta + (n-1)(\varpi_1 - 1)}, \tag{5}$$

$$\delta_n = \frac{\beta\delta_1 + (n-1)(\delta_1 - 1)}{\beta + (n-1)(\delta_1 - 1)} = \frac{\beta\varpi_1 + 1 + (n-1)(\varpi_1 - 1)}{\beta + 1 + (n-1)(\varpi_1 - 1)}. \tag{6}$$

---

[1] Séance du 10 mars 1947.
[2] *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 276.

Aussi,

$$(7)\qquad \frac{1}{\Psi_n} = \frac{1}{\Psi_1} + \frac{(n-1)}{(\beta-1)^2}\,\frac{[(\beta+n-1)\varpi_1+\beta-n+3]}{\varpi_1-1}.$$

Donc,

$$(8)\qquad \frac{T_n}{T_0} = \frac{a_n^2}{a_0^2} = \frac{[\beta\varpi_1+1+n(\varpi_1-1)]\,[\beta+1+n(\varpi_1-1)]}{(\beta+1)(\beta\varpi_1+1)},$$

$$(9)\qquad \frac{c_n}{a_0} = \frac{\beta\varpi_1+1+(n-1)(\varpi_1-1)}{\sqrt{(\beta+1)(\beta\varpi_1+1)}},$$

$$(10)\qquad \frac{C_{2n}}{a_0} = \frac{\beta+\varpi_1+(2n-1)(\varpi_1-1)}{\sqrt{(\beta+1)(\beta\varpi_1+1)}};\qquad \frac{C_{2n+1}}{a_0} = \frac{\beta\varpi_1+1+2n(\varpi_1-1)}{\sqrt{(\beta+1)(\beta\varpi_1+1)}}.$$

C_n étant la vitesse absolue de O_n. Enfin,

$$(11)\qquad \frac{p_n}{p_0} = \frac{\Gamma\left(\dfrac{\beta+1}{\varpi_1-1}\right)\Gamma\left[n+\dfrac{(\beta+1)\varpi_1}{\varpi_1-1}\right]}{\Gamma\left[\dfrac{(\beta+1)\varpi_1}{\varpi_1-1}\right]\Gamma\left(n+\dfrac{\beta+1}{\varpi_1-1}\right)},$$

$$(12)\qquad \frac{\rho_n}{\rho_0} = \frac{\Gamma\left(\dfrac{\varpi_1+\beta}{\varpi_1-1}\right)\Gamma\left(n+\dfrac{\beta+1}{\varpi_1-1}\right)}{\Gamma\left(\dfrac{\beta\varpi_1+1}{\varpi_1-1}\right)\Gamma\left(n+\dfrac{\beta+\varpi_1}{\varpi_1-1}\right)}.$$

Lorsque ϖ_1-1 est petit, on en déduit $p_n\rho_n^{-\gamma}\sim p_0\rho_0^{-\gamma}$, quelle que soit la valeur de n. Lorsque ϖ_1-1 n'est pas petit, ce rapport n'est pas satisfait. Cependant, si n est grand, $p_n\rho_n^{-\gamma}\sim A p_0\rho_0^{-\gamma}$, où

$$A = \frac{(\varpi_1-1)^2}{(\beta+1)(\beta\varpi_1+1)}\left[\frac{\Gamma\left(\dfrac{\beta\varpi_1+1}{\varpi_1-1}\right)}{\Gamma\left(\dfrac{\beta+\varpi_1}{\varpi_1-1}\right)}\right]^{\gamma-1}.$$

Les rapports suivants s'obtiennent sans difficulté :

$$1<\varpi_n<\varpi_{n-1};\qquad 1<x_n<x_{n-1};\qquad 1<\delta_n<\delta_{n-1};\qquad 1<\Theta_n<\Theta_{n-1};$$
$$c_n>c_{n-1};\qquad C_{2n-1}>C_{2n};$$

enfin $C_{2n}<C_{2n-1}$, pour $\gamma<3$.

Le comportement des ondes de choc faibles et intenses se déduit des formules précédentes. En effet, lorsque ϖ_1-1 et n sont petits,

$$p_n-p_0\sim n(p_1-p_0);\qquad \rho_n-\rho_0\sim n(\rho_1-\rho_0);\qquad T_n-T_0\sim n(T_1-T_0).$$

D'autre part, lorsque $\varpi_1\to\infty$, $\varpi_2\to\beta+2$, $x_2\to(\beta+1)/2$,

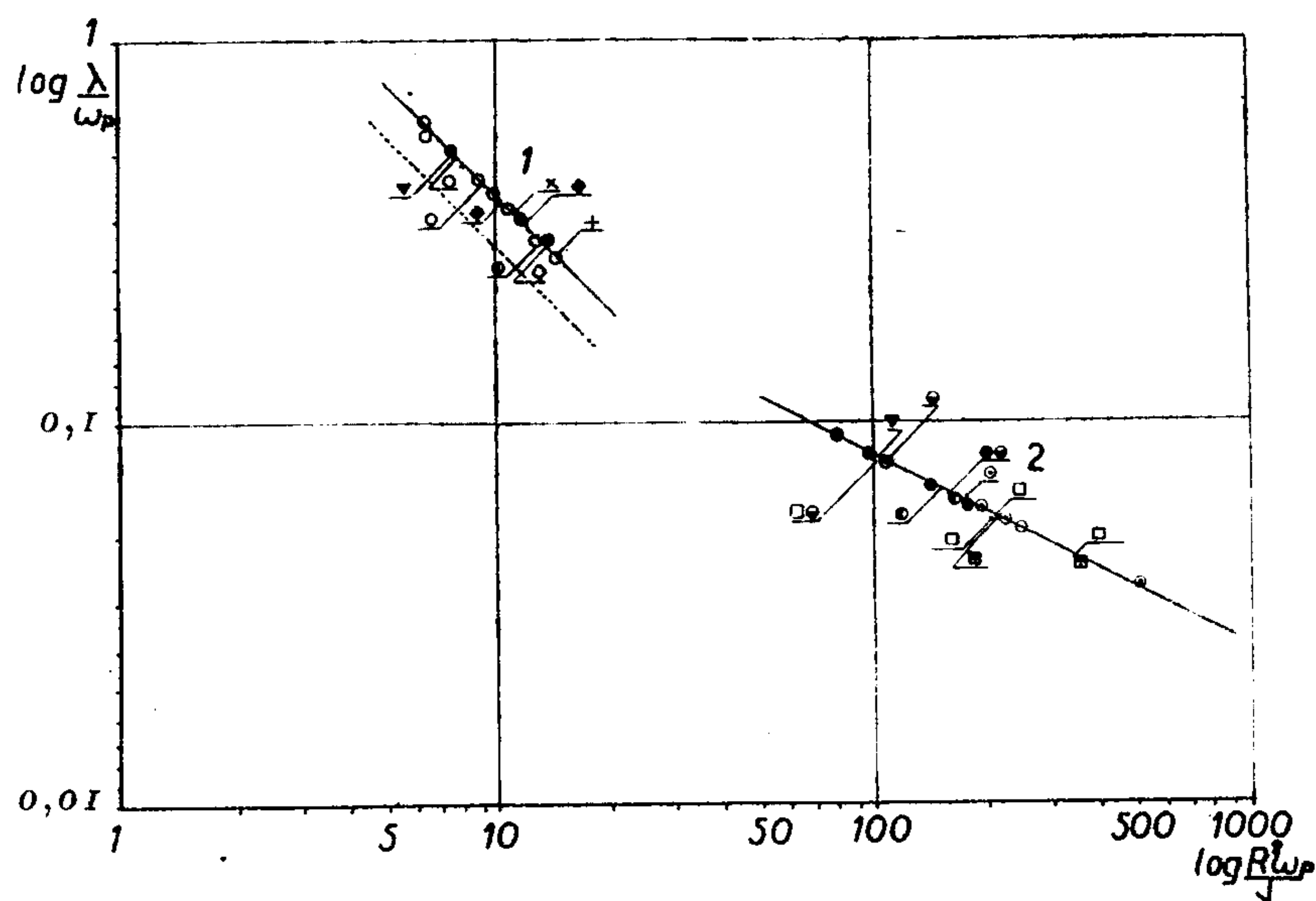
$$\Theta_2\to\frac{2(\beta+2)}{(\beta+1)},\qquad \frac{c_2}{a_0}\to\sqrt{\frac{(\beta+1)\varpi_1}{\beta}},\qquad \frac{C_2}{a_0}\to 2\sqrt{\frac{\varpi_1}{\beta(\beta+1)}},\qquad \ldots.$$

La dernière exceptée, ces formules sont d'accord avec les conclusions de M. Herpin.

Des détails plus amplifiés seront publiés ailleurs.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Oscillations d'un liquide pesant et visqueux dans un tube en U de faible diamètre : expressions de λ/ω_p et ω/ω_p dans les régimes laminaire et turbulent.* Note (¹) de M. **Jacques Valensi**, présentée par M. Joseph Pérès.

La figure ci-contre montre les variations de λ/ω_p en fonction de $R^2(\omega_p/\nu)$



à la fois pour le régime laminaire et le régime turbulent, d'après les mesures de M. Menneret (²).

1^er^ *régime* (laminaire).

Fluides.	Symb.	R.	l.	θ.	ρ.	μ.	ω_p^2.	$\frac{R^2\omega_p}{\nu}$.	log A expérim.	$R\sqrt{\frac{2A}{\nu}}$ expérim.	log A théor.	$R\sqrt{\frac{2A}{\nu}}$ théor.	$\frac{\omega}{\omega_p}$ expérim.	$\frac{\lambda}{\omega_p}$ expérim	$\frac{\omega}{\omega_p}$ théor.
Alc. isoamylique.	○	0,3368	66,3	12,5	0,815	0,0550	29,59	9,14	1,299	2,804	0,9101	2,405	0,9033	0,4301	0,948
» .	○	0,3368	53,8	12,5	0,815	0,0550	36,47	10,15	1,1514	2,807	0,811	2,405	0,9256	0,3887	0,958
» .	○	0,3339	71,2	19,5	0,811	0,0438	27,56	10,83	1,0445	2,784	0,756	2,405	0,9341	0,3575	0,9636
» .	○	0,3339	52,1	19,8	0,811	0,0438	37,66	12,67	0,85126	2,874	0,6401	2,405	0,9546	0,2978	0,9729
» .	○	0,3339	40,05	19,4	0,811	0,0438	48,99	14,45	0,75587	2,777	0,558	2,405	0,9637	0,2670	0,9786
» .	○	0,2222	38	19,6	0,811	0,0438	51,63	6,57	1,84510	2,713	1,337	2,405	0,8284	0,5601	0,8977
» .	○	0,2527	37,02	14,8	0,814	0,0512	53,00	7,80	1,51983	2,753	1,089	2,405	0,8736	0,4886	0,9287
» .	○	0,2527	26,01	14,6	0,814	0,0512	75,43	9,31	1,24895	2,781	0,9917	2,405	0,9093	0,4162	0,9504
Acétone........	●	0,09678	68,6	14,4	0,803	0,00343	28,60	11,73	0,98989	2,829	0,6948	2,405	0,9400	0,3410	0,9682
Br. d'éthylène..	⊕	0,1520	65,2	11,5	2,188	0,0199	30,09	13,94	0,84510	2,872	0,5786	2,405	0,9553	0,2958	0,9783
» ..	⊕	0,09678	39,7	14	2,184	0,0188	49,42	7,65	1,62221	2,796	1,114	2,405	0,8599	0,5110	0,9256
Chloroforme....	◐	0,09678	72,6	13,6	1,499	0,00601	27,02	12,14	0,95134	2,827	0,6693	2,405	0,9443	0,3292	0,9710
»	◐	0,09678	61,1	14	1,499	0,00599	32,11	13,28	0,85584	2,823	0,6088	2,405	0,9539	0,3001	0,9760
Oxyde d'éthyle.	◇	0,09678	71	13,3	0,720	0,00253	27,63	14,01	0,86392	2,897	0,5755	2,405	0,9534	0,3009	0,9786
Eau distillée....	◆	0,1520	73,5	15,3	1,0008	0,0114	26,69	10,47	1,10037	2,799	0,7842	2,405	0,9276	0,3741	0,9611
»	◆	0,1520	49,5	14	1,008	0,0118	39,72	12,32	0,96237	2,864	0,6587	2,405	0,9431	0,3327	0,9724
Benzine........	▼	0,09678	53,41	19,5	0,879	0,00650	36,73	7,68	1,59912	2,787	1,1090	2,405	0,8628	0,5053	0,9263
Nitrobenzine...	+	0,2222	66,71	17,2	1,181	0,0213	29,41	14,51	0,75282	2,810	0,5552	2,405	0,9639	0,2659	0,9794
Nitrotoluène ...	×	0,2222	71,7	12	1,170	0,0267	27,59	11,37	1,02979	2,833	0,7176	2,405	0,9356	0,3531	0,9670

(¹) Séance du 3 mars 1947.

(²) *Thèse*, Paris, 1911.

Comme il y avait lieu de le penser d'après l'expression théorique, déjà donnée dans une Note précédente ([3]), la courbe correspondante (1) du régime laminaire est, avec des échelles logarithmiques, une droite de pente — 1; l'expression correspondante de λ/ω_p est

$$(1) \qquad \frac{\lambda}{\omega_p} = 3{,}9536 \left(R^2 \frac{\omega_p}{\nu} \right)^{-1}$$

alors que l'expression théorique est

$$\frac{\lambda}{\omega_p} = 2{,}892 \left(R^2 \frac{\omega_p}{\nu} \right)^{-1}$$

(droite de la figure en traits interrompus).

Ces expressions diffèrent seulement par la valeur du facteur constant et cette différence est vraisemblablement due aux pertes de charge dans les coudes, qui affectent les mesures de M. Menneret.

L'expression de ω/ω_p d'après l'expérience, pour le régime laminaire, est

$$(3) \qquad \frac{\omega}{\omega_p} = \left(R^2 \frac{\omega_p}{\nu} \right)^{-1} \left[\left(R^2 \frac{\omega_p}{\nu} \right)^2 - 15{,}63 \right]^{\frac{1}{2}}.$$

Les courbes (1) et (3) compensent exactement les points expérimentaux.

La courbe représentative expérimentale dans le régime turbulent (2), et pour de petites oscillations, est une droite de pente — 1/2. L'expression correspondante de λ/ω_p est

$$\frac{\lambda}{\omega_p} = K \left(R^2 \frac{\omega_p}{\nu} \right)^{-\frac{1}{2}}, \qquad \text{avec} \quad K = 0{,}82,$$

et il y a lieu de penser que l'expression théorique, qui éliminerait l'influence des coudes, admet une forme identique avec une valeur de K légèrement inférieure à 0,82.

ω/ω_p, dans le régime turbulent, prend la forme

$$\frac{\omega}{\omega_p} = \left(R^2 \frac{\omega_p}{\nu} \right)^{-\frac{1}{2}} \left[R^2 \frac{\omega_p}{\nu} - K^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

et LA_0

$$LA_0 = 2\pi K \left[R^2 \frac{\omega_p}{\nu} - K^2 \right]^{-\frac{1}{2}}.$$

Les courbes correspondantes avec $K = 0{,}82$, compensent exactement les points expérimentaux ([4]).

Enfin τ_0, force de frottement par unité de surface sur la paroi, prend la forme

$$\tau_0 = K \frac{\mu \bar{v}}{R} \left(R^2 \frac{\omega_p}{\nu} \right)^{\frac{1}{2}} \qquad \text{(régime turbulent)},$$

où $\bar{v}$ représente la vitesse moyenne instantanée dans la section droite du tube.

([3]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 446, 532.

([4]) Par suite d'une erreur, le dessinateur a porté sur la figure de la Note précédente, pour le régime turbulent, non les valeurs de ω/ω_p, mais celles de $(\omega/\omega_p)^2$,

HYDRAULIQUE. — *Calcul d'une chambre d'équilibre à étranglement dans le cas où divers débits d'apports sont collectés par des puits de section négligeable intercalés sur le canal d'amenée en tenant compte des pertes de charge.* Note ([1]) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Nous avons déjà envisagé le même problème, en l'absence de pertes de charge, dans une Note antérieure ([2]), dont la figure 2 donne le schéma du système étudié et précise les notations.

Les pertes de charge sont de la forme

$$P_1 = K_1 W_1^2, \quad \ldots, \quad P_n = K_n W_n^2, \quad R = \lambda_1 (F_1 V_1 - q_1)^2.$$

Posons

$$\frac{L}{f} = \frac{L_1}{f_1} + \ldots + \frac{L_n}{f_n},$$

$$T' = 2\pi\sqrt{\frac{LF_1}{gf}}, \quad Z'_\star = \frac{Q_0}{F}\cdot\frac{T'}{2\pi}, \quad q_1 = F_1 U_a,$$

$$t' = \frac{t}{T'}, \quad z_1 = \frac{Z_1}{Z'_\star}, \quad \ldots, \quad z_n = \frac{Z_n}{Z'_\star},$$

$$q_2 = f_2 W_{a2}, \quad q_2 + q_3 = f_3 W_{a3}, \quad \ldots, \quad q_2 + \ldots + q_n = f_n W_{an},$$

$$Q_0 = F_1 U_0 = f_1 W_{01} = f_2 W_{02} = \ldots = f_n W_{0n},$$

$$P_{01} = K_1 W_{01}^2, \quad \ldots, \quad P_{0n} = K_n W_{0n}^2, \quad R_0 = \lambda_1 Q_0^2,$$

$$v_1 = \frac{V_1}{V_0}, \quad u = \frac{U}{U_0}, \quad w_1 = \frac{W_1}{W_{01}}, \quad \ldots, \quad w_n = \frac{W_n}{W_{0n}},$$

$$u_a = \frac{U_a}{U_0}, \quad w_{a2} = \frac{W_{a2}}{W_{02}}, \quad \ldots, \quad w_{an} = \frac{W_{an}}{W_{0n}},$$

$$p_1 = \frac{P_1}{Z'_\star}, \quad \ldots, \quad p_n = \frac{P_n}{Z'_\star}, \quad r = \frac{R}{Z'_\star}, \quad p_{01} = \frac{P_{01}}{Z'_\star}, \quad \ldots, \quad p_{0n} = \frac{P_{0n}}{Z'_\star}, \quad r_0 = \frac{R_0}{Z'_\star}.$$

On montre qu'avec ces grandeurs relatives, les relations de continuité et l'équation des forces vives prennent la forme

$$v_1 \frac{dv_1}{dz_1} + \frac{1}{2\pi}\frac{du}{dt'} + z_1 + \varepsilon_1 p_1 + \ldots + \varepsilon_n p_n + \varepsilon' r = 0,$$

$$v_1 + u - u_a = w_1 = w_2 + w_{a2} = \ldots = w_n + w_{an},$$

$\varepsilon_1, \ldots, \varepsilon_n, \varepsilon'$ ayant pour valeur absolue l'unité et pour signes respectivement ceux de $w_1, \ldots, w_n, v_1 - u_a$, avec

$$p_1 = p_{01} w_1^2, \quad \ldots, \quad p_n = p_{0n} w_n^2, \quad r = r_0 (v_1 - u_a)^2.$$

Les quantités $z_2, \ldots, z_n$ sont données par les expressions

$$z_n = \alpha_n (z_1 + \varepsilon_1 p_1 + \ldots + \varepsilon_n p_n + \varepsilon' r) - \varepsilon_n p_n,$$

. . . .

$$z_i = \alpha_i (z_1 + \varepsilon_1 p_1 + \ldots + \varepsilon_n p_n + \varepsilon' r) - (\varepsilon_n p_n + \ldots + \varepsilon_i p_i),$$

. . . .

$$z_2 = \alpha_2 (z_1 + \varepsilon_1 p_1 + \ldots + \varepsilon_n p_n + \varepsilon' r) - (\varepsilon_n p_n + \ldots + \varepsilon_2 p_2),$$

([1]) Séance du 10 mars 1947.

([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 537.

les constantes $\alpha_n, \ldots, \alpha_i, \ldots, \alpha_2$ étant définies par

$$\alpha_n = \frac{f}{L}\cdot\frac{L_n}{f_n}, \quad \ldots, \quad \alpha_i = \frac{f}{L}\left[\frac{L_n}{f_n} + \ldots + \frac{L_i}{f_i}\right], \quad \ldots, \quad \alpha_2 = \frac{f}{L}\left[\frac{L_n}{f_n} + \ldots + \frac{L_2}{f_2}\right].$$

Étude d'une fermeture complète instantanée du débit Q_0 *des turbines.* — On a, dans ce cas, $u = (du/dt') = 0$, et les relations précédentes deviennent

$$\frac{dv_1}{dz_1} = -\frac{z_1 + \varepsilon_1 p_1 + \ldots + \varepsilon_n p_n + \varepsilon' r}{v_1},$$

$$v_1 - u_a = w_1 = w_2 + w_{a2} = \ldots = w_n + w_{an},$$

$$p_1 = p_{01}(v_1 - u_a)^2, \quad \ldots, \quad p_n = p_{0n}(v_1 - u_a - w_{an})^2 \quad r = r_0(v_1 - u_a)^2,$$

$\varepsilon_1, \ldots, \varepsilon_n, \varepsilon'$ ayant respectivement les signes de $v_1 - u_a, \ldots, v_1 - u_a - w_{an}$, $v_1 - u_a$.

La courbe (z_1, v_1) se trace de proche en proche au moyen du procédé habituel des normales, les conditions initiales étant $(v_1)_0 = 1$, $(z_1)_0 = -p_0$, perte de charge existant dans le canal d'amenée, à l'instant initial,

$$\left(\frac{dv_1}{dz_1}\right)_0 = -r_0(1 - u_a)^2,$$

$$\left(\frac{d^2 v_1}{dz_1^2}\right)_0 = -1 + r_0(1 - u_a)^2 \{2[p_{01}(1 - u_a) + p_{02}(1 - u_a - w_{a2}) + \ldots + p_{0n}(1 - u_a - w_{an})] - r_0(1 - u_a)^2\}.$$

Étude d'une ouverture instantanée des turbines de 0 *à* Q_0. — On a, dans ce cas, pendant toute la première descente,

$$\frac{dv_1}{dz_1} = -\frac{z_1 + \varepsilon_1 p_1 + \ldots + \varepsilon_n p_n - r}{v_1},$$

$$v_1 + 1 - u_a = w_1 = w_2 + w_{a2} = \ldots = w_n + w_{an}.$$

$$p_1 = p_{01}(v_1 + 1 - u_a)^2, \quad \ldots, \quad p_n = p_{0n}(v_1 + 1 - u_a - w_{an})^2, \quad r = r_0(v_1 - u_a)^2,$$

$\varepsilon_1, \ldots, \varepsilon_n$ ayant respectivement les signes de $v_1 + 1 - u_a, \ldots, v_1 + 1 - u_a - w_{an}$.

Le point de départ de la construction graphique de la courbe (z_1, v_1) est donné par les conditions initiales

$$(z_1)_0 = p_{01} u_a^2 + p_{02}(u_a + w_{a2})^2 + \ldots + p_{0n}(u_a + w_{an})^2 + r_0 u_a^2,$$

$$(v_1)_0 = -1, \qquad \left(\frac{dv_1}{dz_1}\right)_0 = -r_0(1 + 2u_a),$$

$$\left(\frac{d^2 v_1}{dz_1^2}\right)_0 = 1 - r_0(1 + 2u_a)[r_0 + 2p_{01}u_a + 2p_{02}(u_a + w_{a2}) + \ldots + 2p_{0n}(u_a + w_{an})].$$

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le poudrage électrique*. Note de MM. **Marcel Pauthenier**, **Georges Truffaut**, **Maurice Dubois** et **Pierre Hampe**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les opérations de poudrage trouvent des applications de plus en plus étendues, soit dans l'industrie, soit pour la défense des cultures. Dans une

précédente Note ([1]) les auteurs ont montré qu'il est très avantageux d'électriser les poussières utilisées, à l'aide d'ioniseurs à fils ou à pointes.

De nouvelles recherches ont été entreprises afin de déterminer l'importance des charges électriques prises par des poussières en suspension dans l'air et soumises à différents traitements tendant à provoquer l'électrisation par frottement. Des résultats pratiquement utilisables ont été obtenus, notamment avec certaines poudres telles que la chaux, le soufre, et diverses matières organiques.

Le tableau ci-après montre que les dispositifs produisant le frottement ont une importance capitale. Les tubes et dispositifs à chicanes de modèle courant ont donné des résultats faibles. Il en est de même du frottement air sur poudre (tuyère de Laval), même avec des vitesses supersoniques. Deux dispositifs se sont montrés nettement supérieurs :

Dispositif n° 1. — La poudre est insufflée à travers un tube dans lequel sont disposés des obstacles petits, nombreux, laissant entre eux des espaces limités. On constitue de tels obstacles, soit en enroulant une toile métallique en forme de boudin, soit avec une brosse cylindrique, soit avec des fibres diverses. A titre d'exemple, on électrise la fleur de soufre en l'insufflant à l'aide d'une seringue dans un tube de 30^{cm} de longueur rempli de toile métallique galvanisée ou de bourre de crin. La pression nécessaire est d'environ 0,2 atmosphère.

Dispositif n° 2. — On insuffle de la poudre entre deux feuillets pressés l'un contre l'autre par un dispositif élastique. On peut ainsi insuffler de la chaux éteinte entre deux lames de caoutchouc vulcanisé. Ce dispositif convient mieux que le n° 1 dans le cas des poudres très fines.

Les deux dispositifs ci-dessus doivent leur efficacité aux avantages suivants :

1° La surface de frottement est relativement étendue;

2° Les frictions sont intenses mais de courte durée;

3° Les frotteurs s'usent peu. Ils ne permettent pas la formation d'amas de poudre.

4° Les charges déjà réparties sur le frotteur et sur la poudre n'agissent pas sur les particules en cours de frottement. Dans le dispositif n° 1, les fils plus ou moins conducteurs forment un écran. Dans le dispositif n° 2, les grains passent entre deux plans également chargés, de telle sorte que la composante du champ normale à la surface du frottement est nulle. C'est pourquoi les charges abandonnées par les frotteurs peuvent s'écouler par conduction ou par étincelles sans que la charge de la poudre en soit influencée.

Des essais d'application pratique ont montré que les dispositifs décrits sont utilisables pour les traitements des végétaux. Afin de faciliter le poudrage, il faut produire un nuage assez dense de poudre électrisée autour des objets à poudrer. Ce nuage détermine un champ électrique activant la précipitation.

([1]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, pp. 613-614.

Les faits signalés permettront de reprendre, avec des moyens nouveaux, l'étude de l'électrisation par frottement. Ils expliquent les fortes charges observées sur des poussières s'échappant à travers les sacs en toile ou les fentes des appareils de meunerie. Ils expliquent également les phénomènes électriques accompagnant l'émission de spores de certains végétaux, notamment les Lycoperdons.

Électrisation de la fleur de soufre (rayon moyen, 20 microns).

Dispositif utilisé.	Charges en U.E.S. par gramme de soufre.
Tube en carton	10
» fer avec pomme d'arrosoir	191
» spiralé en rhodoïd	1230
Tuyère de Laval $0^{atm},5$	78
Tuyère de Laval 1^{atm}	139
Dispositif n° 1 (tube avec toile métallique, pression $0^{atm},15$)	3030
» » 1 (tube avec écouvillon en crin, pression $0^{atm},15$)	7230
» » 2 (feuillets garnis de soie, pression $0^{atm},1$)	2530
Ioniseur à pointes	2820
Ioniseur à fil	7060

ÉLECTRONIQUE. — *Échange d'énergie entre un faisceau électronique et un champ électromagnétique de faible intensité*. Note de M. **Pierre Guénard**, présentée par M. Camille Gutton.

Dans de nombreux générateurs d'ondes ultra-courtes, un faisceau électronique, initialement homogène, traverse un champ électromagnétique alternatif. Il apparaît alors dans le courant transporté par le faisceau électronique une composante alternative et le faisceau échange de l'énergie avec le champ. On se propose de déterminer le *rendement de conversion* de ce dispositif, c'est-à-dire le rapport de la puissance moyenne cédée par le faisceau au cours de sa traversée du champ, à la puissance continue qu'il transporte à son entrée dans le champ, dans le cas particulier des *petits signaux*, c'est-à-dire dans le cas où toutes les modifications de caractère alternatif apportées au faisceau par l'action du champ sont infiniment petites vis-à-vis des quantités continues ainsi altérées.

Le champ alternatif peut être de forme quelconque; on supposera simplement qu'il n'agit pratiquement sur les électrons que sur un parcours limité, à l'extérieur duquel il est ou identiquement nul, ou à décroissance exponentielle.

L'hypothèse des petits signaux permet de limiter l'étude à un champ sinusoïdal de pulsation ω, les actions de composantes de fréquences différentes étant alors indépendantes. On suppose essentiellement que le champ électromagnétique est alternatif, c'est-à-dire que, *en présence du faisceau*, les champs électrique et magnétique sont de la forme :

$$(1) \qquad \vec{E}(M)e^{i(\omega t-\varphi)}, \qquad \vec{H}(M)e^{i(\omega t-\varphi)},$$

les vecteurs $\vec{E}(M)$ et $\vec{H}(M)$ représentant les amplitudes, en général complexes, des champs au point M.

Le faisceau peut être décomposé en pinceaux élémentaires, repérés, par exemple, par leur point de passage, en l'absence de champ alternatif, dans une section arbitraire du faisceau. Le rendement de conversion pour l'ensemble du faisceau se déduit sans difficulté du rendement de conversion d'un pinceau élémentaire.

Le mouvement d'un électron particulier d'un pinceau élémentaire, en l'absence du champ, est rectiligne et uniforme et peut être représenté par :

$$M = M_0 + \dot{M}_0 t. \tag{2}$$

Les mouvements des autres électrons sont définis par une équation analogue où t est remplacé par $(t-\tau)$, τ représentant l'époque de passage en M_0. La puissance moyenne cédée par le pinceau électronique s'obtient en faisant la moyenne sur τ, ou, ce qui est équivalent, en conservant l'équation (2) et en faisant la moyenne sur la phase φ, qui figure dans les expressions (1) des champs.

En présence du champ, l'équation différentielle du mouvement dans l'approximation non relativiste, s'écrit :

$$\ddot{M} = \frac{e}{m}\left[\vec{E}(M) + \dot{M} \wedge \frac{\vec{H}(M)}{c}\right] e^{j(\omega t+\varphi)}, \tag{3}$$

les constantes d'intégration de cette équation étant choisies de façon que, en annulant $\vec{E}$ et $\vec{H}$, l'équation du mouvement coïncide avec (2).

La variation d'énergie cinétique d'un tel électron au cours de sa traversée du champ s'obtient à partir de l'intégrale des forces vives :

$$\frac{1}{2}\left(\dot{M}_1^2 - \dot{M}_0^2\right) = \frac{e}{m}\int_{-\infty}^{+\infty} \vec{E}(M) e^{j(\omega t+\varphi)} \dot{M}\, dt. \tag{4}$$

Dans cette équation M et $\dot{M}$ sont des fonctions du temps, que l'on peut écrire, dans l'hypothèse des petits signaux,

$$\dot{M} = \dot{M}_0 + \frac{e}{m}\int_{-\infty}^{t}\left[\vec{E}(u) + \dot{M}_0 \wedge \frac{\vec{H}(u)}{c}\right] e^{j(\omega u+\varphi)}\, du, \tag{5}$$

$$M = M_0 + \dot{M}_0 t + \frac{e}{m}\int_{-\infty}^{t} du \int_{-\infty}^{u}\left[\vec{E}(v) + \dot{M}_0 \wedge \frac{\vec{H}(v)}{c}\right] e^{j(\omega v+\varphi)}\, dv, \tag{6}$$

$\vec{E}(u)$ étant une notation abrégée pour : $\vec{E}(M_0 + \dot{M}_0 u)$.

En remarquant que

$$\vec{E}(M_0 + \dot{M}_0 t + \Delta M).\dot{M}_0 = \vec{E}(t).\dot{M}_0 + \Delta M.\left[\frac{d\vec{E}(t)}{dt} + \dot{M}_0 \wedge \text{rot}\,\vec{E}\right], \tag{7}$$

et en remplaçant dans cette formule rot $\vec{E}$ par $-j(\omega/c)\vec{H}$, on obtient finalement pour le *rendement de conversion* du pinceau électronique

$$(8) \quad \eta_c = \frac{\overline{\dot{M}_0^2 - \dot{M}_1^2}}{\dot{M}_0^2} = \frac{1}{4}\frac{\partial}{\partial\alpha}\left.\frac{\vec{F}.\vec{F}^*}{2}\right|_{\alpha=1} \quad \text{avec} \quad \vec{F} = \frac{v_0}{V_0}\int_{-\infty}^{+\infty}\left[\vec{E}(t) + \dot{M}_0 \wedge \frac{\vec{H}(t)}{c}\right] e^{j\alpha\omega t}\,dt,$$

$v_0 = |\dot{M}_0|$ représentant la vitesse des électrons en l'absence de champ et V_0 le potentiel correspondant.

La formule (7) n'est pas valable lorsque le champ est discontinu sur le trajet des électrons (champ limité par une paroi pleine). Les formules finales restent cependant valables, comme on peut le voir en perçant, sur le trajet d'un pinceau électronique, la paroi pleine d'un orifice dont on fait tendre les dimensions vers zéro.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Note sur la théorie des machines polyphasées tournantes.* Note [1] de M. **François-H. Raymond**.

Faisant suite a nos deux Notes précédentes [2], nous établirons les équations générales relatives *aux régimes transitoires*. Nous désignerons par $x^i(p)$ l'image de $i^i(t)$ définie par la transformée de Laplace. Le vecteur $\vec{x}(p)$ de composantes x^i est l'image du vecteur $\overrightarrow{i(t)}$. De même $\overrightarrow{u(p)}$ est l'image du vecteur $\overrightarrow{v(t)}$ et $\overrightarrow{\psi(p)}$ celle du vecteur $\overrightarrow{\Phi(t)}$. Nous supposerons un fonctionnement à partir des conditions initiales : $\vec{i}$, $\vec{v}$ et leurs dérivées sont nulles pour $-\infty < t \leq 0$.

L'image de l'équation de l'induit [2] est

$$(1) \qquad \overrightarrow{u(p)} - p\,\vec{\psi}(p) = (Z(p))\,\vec{x}(p).$$

La détermination de l'image de l'équation de l'inducteur exige que nous calculions celle de $\vec{m}.\vec{i}$.

Deux cas se présentent dans la pratique : $\vec{m}$ a ses composantes périodiques ou $\vec{m}$ a ses composantes fonctions inconnues du temps. Le premier cas revient à faire l'hypothèse que le régime transitoire de la machine n'influe pas sur sa vitesse, le second plus près de la réalité, implique que l'on exprime comment l'état électrique de la machine, à chaque instant, influe sur la vitesse du rotor (problème mécanique). *Traitons le premier cas.*

On a explicitement

$$\vec{m}.\vec{i} = \vec{\mu}.\vec{i}\,e^{j\omega_s t} + \vec{\mu}^*.\vec{i}\,e^{-j\omega_s t}$$

(1) Séance du 10 février 1947.

(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 640 et 812.

dont l'image est aussitôt

$$\vec{\mu}.\vec{x}(p - j\omega_s) + \vec{\mu}^{\star}.\vec{x}(p + j\omega_s). \tag{2}$$

Nous poserons

$$\vec{x}_{\pm r}(p) = \vec{x}(p \pm rj\omega_s),$$

r étant un nombre entier quelconque.

L'image de l'équation de l'inducteur

$$z\left(\frac{d}{dt}\right)y(t) = \mathrm{E}(t) - \frac{d}{dt}(\vec{m}.\vec{i}) \tag{3}$$

est donc

$$z(p)\,\mathrm{Y}(p) = \varepsilon(p) - p\left[\vec{\mu}.\vec{x}_{-1} + \vec{\mu}^{\star}.\vec{x}_{+1}\right].$$

$\mathrm{Y}(p)$ étant l'image de $y(t)$, $\varepsilon(p)$ celle de la force électromotrice $\mathrm{E}(t)$ appliquée à l'inducteur. On en déduit l'expression de $\mathrm{Y}(p)$.

Le vecteur flux $\vec{\Phi}$ dont l'image est $\psi(p)$ a pour expression

$$\vec{\Phi} = \vec{m}\,y(t) = \left(\vec{\mu}\,e^{j\omega_s t} + \vec{\mu}^{\star}\,e^{-j\omega_s t}\right)y(t), \tag{4}$$

donc

$$\Psi(p) = \vec{\mu}\,\mathrm{Y}(p - j\omega_s) + \vec{\mu}^{\star}\,\mathrm{Y}(p + j\omega_s). \tag{5}$$

Le calcul de $\psi(p)$ est donc immédiat : en portant dans (1) et compte tenu des notations et remarques de notre première Note, on a

$$\vec{u}(p) - p\vec{\mu}\frac{\varepsilon_{-1}}{z_{-1}} - p\vec{\mu}^{\star}\frac{\varepsilon_{+1}}{z_{+1}} + p\left[\frac{p - j\omega_s}{z_{-1}}(\mathrm{N})^{\star} + \frac{p + j\omega_s}{z_{+1}}(\mathrm{N})\right]\vec{x} + p\,\frac{(p - j\omega_s)}{z_{-1}}(\mathcal{N})\,\vec{x}_{-2} + p\,\frac{(p + j\omega_s)}{z_{+1}}(\mathcal{N})^{\star}\,\vec{x}_{+2} = \mathrm{Z}(p)\vec{x}. \tag{6}$$

Si les bornes de l'induit sont connectées à un réseau passif que nous supposerons polyphasé symétrique de matrice $z(p)$, l'équation du régime transitoire a pour image l'équation (6) ne contenant pas $\vec{u}(p)$, où l'on remplacera dans le second membre $\mathrm{Z}(p)$ par $\mathrm{Z}(p) + \mathfrak{Z}(p)$.

La première conséquence de la forme du premier membre de (6) est que l'image des équations de la machine n'est plus *polyphasée symétrique*.

Dans le cas d'une machine à entrefer périodique, la méthode de calcul indiquée donne

$$\psi(p) = \sum_{\xi}\sum_{\eta}\psi_{\xi,\eta}(p), \qquad \text{où} \quad \psi_{\xi,\eta}(p) = \vec{\mu}^{\xi}\,\mathrm{Y}_{\eta}(p - j\xi\omega_s) + \vec{\mu}^{\star\xi}\,\mathrm{Y}_{\eta}(p + j\xi\omega_s).$$

L'image de l'équation de l'induit est alors :

$$\vec{u}(p) - p\sum_{\xi}\sum_{\eta}\psi_{\xi,\eta}(p) = \sum_{\varepsilon}(\mathrm{Z}_{\varepsilon})\frac{\vec{x}_{+\varepsilon} + \vec{x}_{-\varepsilon}}{2}, \tag{6}$$

d'où finalement (³)

$$(7)\quad \vec{u}(p)-p\vec{\mu}\frac{\varepsilon_{-1}}{z_{-1}}-p\vec{\mu}^{\star}\frac{\varepsilon_{+1}}{z_{+1}}$$
$$+p\left\{\sum_{\xi}\sum_{\eta}\frac{p-j\xi\omega_s}{z_{-\xi}}(\mathfrak{M}_{\xi,\eta})\overrightarrow{x_{-\xi-\eta}}+\sum_{\xi}\sum_{\eta}\frac{p-j\xi\omega_s}{z_{-\xi}}(\mathcal{R}_{\xi,\eta})\overrightarrow{x_{-\xi+\eta}}\right.$$
$$\left.+\sum_{\xi}\sum_{\eta}\frac{p+j\xi\omega_s}{z_{+\xi}}(\mathcal{R}_{\xi,\eta})^{\star}\overrightarrow{x_{\xi-\eta}}+\sum_{\xi}\sum_{\eta}\frac{p+j\xi\omega_s}{z_{+\xi}}(\mathfrak{M}_{\xi,\eta})^{\star}\overrightarrow{x_{\xi+\eta}}\right\}$$
$$-\sum_{\varepsilon}(Z_{\varepsilon})\frac{\overrightarrow{x_{+\varepsilon}}+\overrightarrow{x_{-\varepsilon}}}{2}=0$$

$$(\xi=1,\ 2,\ 3;\ \eta=1,\ 2,\ 3,\ \ldots;\ \varepsilon=0,\ 2,\ 4,\ \ldots).$$

Sous cette forme générale, cette équation symbolique est difficile à étudier.

Écrivons seulement les termes en $\vec{x}(p)$, leur somme est

$$(8)\qquad \left\{\sum_{\xi}p\frac{p-j\xi\omega_s}{z_{-\xi}}N_{\xi}+\sum p\frac{p+j\xi\omega_s}{z_{+\xi}}N_{\xi}^{\star}-Z_0\right\}\vec{x}.$$

Nous discuterons ces résultats généraux dans une publication ultérieure. Ces Notes ont montré toute la souplesse de la méthode géométrique appliquée à l'électrotechnique.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Anisotropie de l'effet Raman dans les cristaux cubiques. Étude théorique.* Note de Mlle **Lucienne Couture** et M. **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les molécules et les cristaux appartenant aux groupes de symétrie du système cubique possèdent trois types de vibrations actives dans l'effet Raman : vibrations simples (A), doublement dégénérées (E) et triplement dégénérées (F) (¹). A chacun de ces types correspondent des tenseurs de polarisabilité dérivés $\partial[T]/\partial q$, en nombre égal au degré de dégénérescence de la vibration, dont les coordonnées normales sont désignées par q (²). On en déduit les valeurs de l'intensité I et du facteur de dépolarisation ρ en lumière naturelle pour les raies de Raman correspondantes.

Vibrations simples A. — Le tenseur a la forme

$$\frac{\partial[T]}{\partial q}=\begin{vmatrix}\varepsilon & 0 & 0\\ 0 & \varepsilon & 0\\ 0 & 0 & \varepsilon\end{vmatrix}$$

(³) On a posé $(\mathfrak{M}_{\xi,\eta})=(\mu_i^{\xi}\mu_j^{\eta})$, $(\mathcal{R}_{\xi,\eta})=(\mu_i^{\xi}\mu_j^{\star\eta})$.
Si $\xi=\eta$, $(\mathfrak{M}_{\xi,\xi})=(\mathfrak{M}_{\xi})$ de la Note précédente, à un coefficient numérique près ;
$(\mathcal{R}_{\xi,\xi})=N_{\xi}$ de cette Note, en particulier $(\mathcal{R}_{1,1})=(N)$.

(¹) Les notations des types de vibrations sont celles de Placzek.

(²) L. Couture et J.-P. Mathieu, *Journal de Physique*, 6, 1945, p. 314.

Il en résulte que $\rho = 0$ et $I = \varepsilon^2$, quelle que soit l'orientation du cristal. Ce résultat est valable pour les fluides également.

Vibrations triples F. — Les trois tenseurs ont la forme ([2])

$$\frac{\partial[T]}{\partial q'} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_0 \\ 0 & \varepsilon_0 & 0 \end{vmatrix}, \qquad \frac{\partial[T]}{\partial q''} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & \varepsilon_0 \\ 0 & 0 & 0 \\ \varepsilon_0 & 0 & 0 \end{vmatrix}, \qquad \frac{\partial[T]}{\partial q'''} = \begin{vmatrix} 0 & \varepsilon_0 & 0 \\ \varepsilon_0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}.$$

Les coordonnées normales dégénérées q', q'', q''' sont orthogonales entre elles, mais ont une orientation quelconque dans le cristal. Pour obtenir le facteur de dépolarisation, on doit donc faire un calcul de moyennes analogue à celui que l'on fait pour les fluides; mais dans le cas actuel, la polarisabilité moyenne α et l'anisotropie optique δ^2 sont nulles et la formule

$$(1) \qquad \rho = \frac{6\delta^2}{45\alpha^2 + 7\delta^2}$$

prend une forme indéterminée. Le calcul direct du carré moyen des moments électriques induits donne aisément : $\rho = 6/7$ et $I = (13/5)\varepsilon_0^2$.

Vibrations doubles E. — Les deux tenseurs varient suivant les axes auxquels on les rapporte. Par rapport aux axes quaternaires $Oxyz$ du cube (ou aux axes binaires du tétraèdre), ils ont la forme ([2])

$$(2) \qquad \frac{\partial[T]}{\partial q'} = \begin{vmatrix} -\varepsilon_1 - \varepsilon_2\sqrt{3} & 0 & 0 \\ 0 & -\varepsilon_1 + \varepsilon_2\sqrt{3} & 0 \\ 0 & 0 & 2\varepsilon_1 \end{vmatrix}, \qquad \frac{\partial[T]}{\partial q''} = \begin{vmatrix} -\varepsilon_2 + \varepsilon_1\sqrt{3} & 0 & 0 \\ 0 & -\varepsilon_2 - \varepsilon_1\sqrt{3} & 0 \\ 0 & 0 & 2\varepsilon_2 \end{vmatrix}.$$

Rapportés à des axes $Ox'y'z'$, qui se déduisent des précédents par une rotation de 45° autour de Oz, les tenseurs précédents deviennent

$$(3) \qquad \frac{\partial[T]}{\partial q'} = \begin{vmatrix} -\varepsilon_1 & \varepsilon_2\sqrt{3} & 0 \\ \varepsilon_2\sqrt{3} & -\varepsilon_1 & 0 \\ 0 & 0 & 2\varepsilon_1 \end{vmatrix}, \qquad \frac{\partial[T]}{\partial q''} = \begin{vmatrix} -\varepsilon_2 & -\varepsilon_1\sqrt{3} & 0 \\ -\varepsilon_1\sqrt{3} & -\varepsilon_2 & 0 \\ 0 & 0 & 2\varepsilon_2 \end{vmatrix}.$$

Rapportés aux axes $Ouvw$, Ow étant un axe ternaire, Ou perpendiculaire à Ow dans le plan wOz et Ov perpendiculaire à Ow et à Ou, les tenseurs s'écrivent

$$(4) \qquad \frac{\partial[T]}{\partial q'} = \begin{vmatrix} \varepsilon_1 & \varepsilon_2 & \varepsilon_1\sqrt{2} \\ \varepsilon_2 & -\varepsilon_1 & -\varepsilon_2\sqrt{2} \\ \varepsilon_1\sqrt{2} & -\varepsilon_2\sqrt{2} & 0 \end{vmatrix}, \qquad \frac{\partial[T]}{\partial q''} = \begin{vmatrix} \varepsilon_2 & -\varepsilon_1 & \varepsilon_2\sqrt{2} \\ -\varepsilon_1 & -\varepsilon_2 & \varepsilon_1\sqrt{2} \\ \varepsilon_2\sqrt{2} & \varepsilon_1\sqrt{2} & 0 \end{vmatrix}.$$

Dans les fluides, la formule (1) appliquée à l'un quelconque des couples de tenseurs précédents, donne $\rho = 6/7$. Dans le cas des cristaux, le résultat dépend de l'orientation donnée au cristal par rapport aux axes fixes OXYZ du montage (OX, direction d'éclairement; OY, direction d'observation). Nous étudierons le cas de cristaux taillés en forme de parallélépipèdes rectangles.

1. *Cristal ayant ses faces deux à deux normales aux axes quaternaires* (faces p du cube). — A partir des tenseurs (2), on trouve dans tous les cas d'observation, en utilisant une méthode analogue à celle de M. J. Cabannes ([3]),

$$\rho = 0, \quad I = 4(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2).$$

2. *Cristal ayant deux faces perpendiculaires à un axe quaternaire* A_4, *les deux autres axes quaternaires bissectant les quatre autres faces* (deux faces p du cube et quatre faces b^1 du dodécaèdre rhomboïdal). Le résultat dépend de l'orientation du cristal.

a. A_4 parallèle à $OX : \rho = 0, \quad I = 4(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2)$;
b. A_4 parallèle à $OY : \rho = 3, \quad I = 4(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2)$;
c. A_4 parallèle à $OZ : \rho = 3/4, I = 7(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2)$.

3. *Cristal ayant deux faces perpendiculaires à un axe ternaire* A_3 (faces a^1 de l'octaèdre). Le résultat dépend encore de l'orientation.

a. A_3 parallèle à $OX : \rho = 2, \quad I = 6(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2)$;
b. A_3 parallèle à $OY : \rho = 1, \quad I = 6(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2)$;
c. A_3 parallèle à $OZ : \rho = 3/2, I = 5(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2)$.

On peut chercher si les cristaux uniaxes peuvent présenter autour de leur axe principal des phénomènes d'anisotropie analogues à ceux qui viennent d'être décrits. On trouve que le cas se présente seulement pour les cristaux quaternaires. Les vibrations de types B_1 et B_2, antisymétriques par rapport à l'axe quaternaire A_4, sont symétriques par rapport à l'une des familles d'axes binaires normaux à A_4 et antisymétriques par rapport à l'autre. Soit un cristal quaternaire dont l'axe A_4 est orienté suivant OY ou OZ. Le facteur de dépolarisation des raies B_1 et B_2 varie lorsqu'on fait tourner le cristal autour de l'axe A_4. Dans les groupes D_{4h}, D_4, C_{4v}, V_d, une rotation de 45° fait passer ρ de 0 à ∞; dans les groupes C_{4h}, C_4, S_4, ρ varie entre une valeur finie et son inverse.

Des vérifications expérimentales de ces résultats théoriques seront communiquées prochainement.

Une anisotropie du genre de celle qui vient d'être discutée ne peut se manifester dans l'absorption infrarouge.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'absorption infrarouge des polyamides : structure de leurs groupements polaires*. Note ([1]) de MM. **René Aelion** et **Henri Lenormant**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Le spectre de divers polyamides (tableau ci-après), effectué dans un domaine de longueur d'onde allant de 5 à 8μ, comporte :

([3]) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 625.

([1]) Séance du 17 mars 1947.

1° Des bandes d'absorption s'étageant de 6,80 à 7$^{\mu}$,25 correspondant aux vibrations de déformation des groupements méthyles et méthylènes dont la multiplicité est due, vraisemblablement, à la possibilité pour ces groupements d'osciller en phase ou en opposition de phase.

2° Une ou plusieurs bandes au delà de 7$^{\mu}$,25 dont l'interprétation ne peut être donnée actuellement.

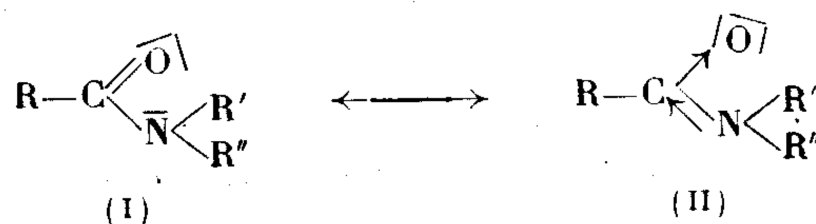
3° Une ou deux fortes bandes, selon les cas, dans la région de 6 et 6$^{\mu}$,50 qui permettent de distinguer les différents types de polyamides étudiés.

Les polyamides N substitués [N-méthylpolyundécanamide (IX), polypipérazine sébacamide (VIII), et polypipérazine adipamide] sont caractérisés par une seule bande vers 6,00-6$^{\mu}$,05.

Les polyamides normaux [polyhexaméthylène adipamide (II), polycaprolactame (III), polyundécanamide (IV)] sont caractérisés par deux bandes, l'une vers 6$^{\mu}$,00 et l'autre vers 6$^{\mu}$,40, dont les fréquences ne sont pas perturbées par l'adjonction d'une chaîne latérale au carbone lié à l'azote [poly-10 undécanamide (V)].

Le spectre de chacun des polyamides de ces catégories est identique à celui de la variété d'amides auxquels il se rattache. Nous proposons donc la même interprétation fournie déjà par l'un de nous pour les amides normaux.

La bande vers 6$^{\mu}$ des polyamides N substitués est caractéristique de la vibration du groupe carbonyle des amides disubstitués; sa fréquence anormalement basse peut s'expliquer par la mésomérie due au voisinage de l'azote ([2]).



L'intensité de la perturbation permet de calculer ([3]) une participation d'environ 15 % de la forme (II), chiffre comparable à celui de Kumier et Porter ([4]), obtenu à partir de l'étude du moment dipolaire.

Dans le cas des polyamides normaux, l'existence d'une liaison hydrogène entre chaînes ne joue pas un rôle important dans les perturbations observées ([5]).

La bande vers 6$^{\mu}$,40 est vraisemblablement due à une très forte polarisation du carbone N substitué ([5]) qui conduit à l'envisager comme rattaché à l'ensemble du groupement CONH et non plus spécialement à l'azote ou à l'oxygène. Ceci n'est possible que si le radical R′ et l'oxygène sont en position

---

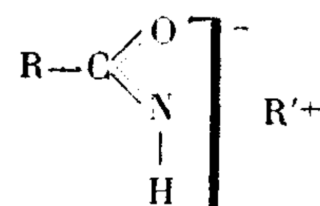
([2]) H. Lenormant, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1133.

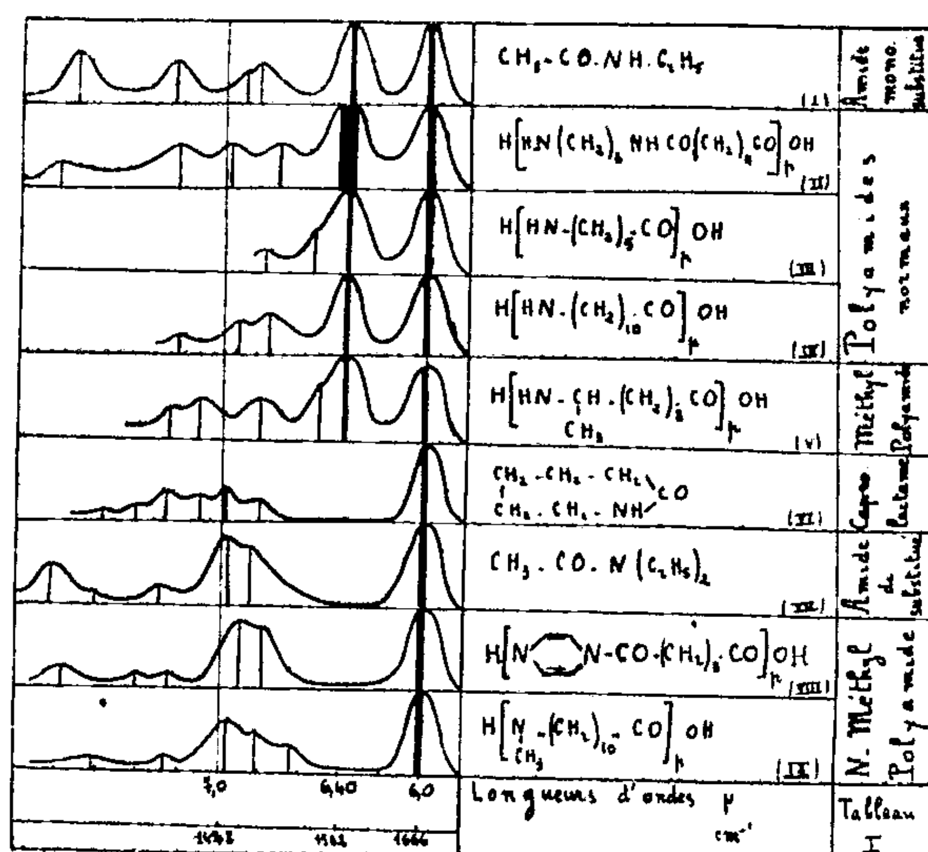
([3]) H. Lenormant, non publié.

([4]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 2549.

([5]) H. Lenormant, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 545; *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 136.

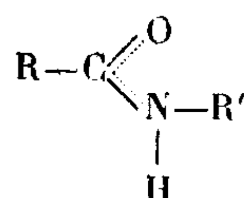
privilégiée *cis* par rapport à la liaison CN





Les lactames [caprolactame (VI)] dont le carbone N substitué ne peut être qu'en position *trans*, n'ont qu'une bande vers 6^{μ} comme les amides disubstitués, vérifiant bien ainsi cette hypothèse ([3]).

La bande vers 6^{μ} des polyamides normaux est en rapport, soit avec l'existence simultanée d'une forme de structure covalente semblable à celle des amides disubstitués ([5]), ([6]), soit avec le caractère de forte polarisation, mais



non d'ionisation véritable du radical substitué à l'azote qui se comporterait comme le métal coordiné des sels complexes internes des amides (formamide mercurique) ou des aminoacides (dérivé cuprique du glycocolle) pour lesquels se produit un dédoublement des fréquences propres du COO^- ou du CONH ([6]).

([6]) H. Lenormant, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1293.

SPECTROSCOPIE. — *Remarques sur le spectre de vibration de cétones et de composés d'addition céto-phénoliques, principalement relativement aux fréquences de vibration caractéristiques du groupement carbonyle dans ces composés.* Note de MM. **Jean Lecomte, Félix-Jean Taboury** et **Elie Gray**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. *Fréquences caractéristiques du groupement carbonyle.* — Dans les spectres de diffusion ou d'absorption, on peut montrer que l'apparition de certaines fréquences coïncide avec la présence, dans la molécule, de groupements déterminés. On a pris ainsi l'habitude de parler de bandes (OH), (NH_2), (CH_3), (CO), (NO_2), etc. En réalité, cette notion, qui a rendu et qui rend encore de grands services pour l'interprétation des spectres moléculaires, risque de conduire à des conclusions fausses, si l'on ne remarque pas que ces fréquences caractéristiques sont sous la double dépendance des forces intra et intermoléculaires, et, par conséquent, qu'elles risquent de ne présenter qu'une fixité relative.

Jusqu'à présent, on considérait que la fonction cétonique se caractérisait par une seule fréquence dans la région 1650-1750 cm^{-1} environ. Mais nous avons constaté que sa présence se traduisait, en fait, par *deux* fréquences voisines.

Pour expliquer ce résultat, on ne peut pas admettre qu'il existe deux formes moléculaires pour une même cétone, car on prévoirait une multiplication des autres modes de vibration, qui semble complètement en désaccord avec le nombre de raies effectivement mesurées. *La seule hypothèse vraisemblable consiste à considérer un couplage entre deux molécules de la cétone considérée.* Un même mode de vibration peut ainsi donner naissance à deux fréquences distinctes, correspondant à deux molécules couplées oscillant, dans un cas, en phase et, dans l'autre cas, en opposition de phase. La première vibration se montrera active en diffusion seulement, et la deuxième uniquement en absorption. Ce phénomène a été mis en évidence, depuis longtemps, dans les cristaux par divers auteurs. *Pour les liquides, on peut parler de structure quasi-cristalline et supposer qu'il existe des couplages entre molécules semblables.*

Cétones. — Lorsque l'on compare les spectres Raman et infrarouges des cétones, on remarque que les nombres d'onde des premiers sont systématiquement inférieurs à ceux des seconds. Dans certains cas, l'écart reste très faible (par exemple, acétone, benzophénone); mais, pour d'autres cétones, il se présente comme beaucoup plus marqué (méthyl-éthyl-cétone, acétophénone) et l'on ne peut pas l'attribuer à des erreurs expérimentales. Il arrive même que deux fréquences voisines se présentent toutes deux

actives en Raman (cyclopentanone), ce qui pourrait être l'indice d'un couplage entre plus de deux molécules.

Composés d'addition céto-phénoliques. — La fonction cétonique se trouve encore représentée par un *couple de fréquences* (et non par une seule fréquence) dont la position se trouve déplacée vers les basses fréquences relativement à celle qui correspond à la cétone correspondante. Exemple : acétophénone, 1683 et 1695 cm^{-1}; complexe avec le phénol, 1665-1685 cm^{-1}; méthyl-éthyl-cétone, 1720-1730 cm^{-1}; complexe avec le phénol, 1695-1708 cm^{-1}. D'autre part, l'écart entre les composantes dépend de l'état physique du complexe.

II. *Si nous considérons maintenant, non plus la région caractérisant la présence du groupement carbonyle, mais la totalité des fréquences,* lorsqu'un groupement cétonique forme une combinaison avec un phénol, le spectre moléculaire du complexe représente sensiblement la somme de ceux des constituants. Mais on note cependant diverses perturbations, qui indiquent que la déformation du groupement carbonyle a réagi sur l'ensemble de la molécule. Elles affectent principalement les doubles liaisons (surtout quand elles sont conjuguées et voisines du carbonyle) et les groupements méthyle (lorsqu'ils se trouvent près du carbonyle).

Ainsi, *du côté cétonique,* on note la disparition totale des bandes de 1426 et 1433 cm^{-1}, attribuables à une vibration de déformation des groupements CH_3 (acétone, méthyl-éthyl-cétone, méthyl-propyl-cétone, acétophénone). Avec l'acétophénone, on observe une élévation des nombres d'onde caractérisant les doubles liaisons de 1600 (IR et Ra) à 1613 (IR) et 1605 cm^{-1} (Ra) pour le complexe.

Relativement au phénol. — 1° Le nombre d'onde de la bande à 1367 cm^{-1}, attribuable à une vibration de déformation δ (OH), augmente généralement (pour le complexe avec la butyrone, ce déplacement atteint 18 cm^{-1}); 2° Des bandes d'absorption du phénol de 1472 et 1497 cm^{-1} (dont la deuxième seulement se traduit par une raie Raman), uniquement la première subsiste dans le spectre des combinaisons. Les raies Raman correspondantes manquent; 3° Parmi les deux raies Raman à 1595 et 1605 cm^{-1} (la deuxième seule donne lieu à une bande d'absorption), le spectre d'absorption ne décèle qu'une d'elles avec une légère augmentation de fréquence.

Conclusion. — L'étude des perturbations apportées dans les spectres par des forces intra ou intermoléculaires apporte des renseignements intéressants relativement à la structure des molécules réagissantes. Nous trouvons ici un nouvel exemple de la méthode utilisée par divers auteurs, en particulier par MM. R. Freymann et P. Barchewitz.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Variation thermique de la biréfringence magnétique du bromonaphtalène-α.* Note [1] de M. **Jacques Rabinovitch**, présentée par M. Aimé Cotton.

Lors de leurs premières recherches sur la biréfringence magnétique, MM. Cotton et Mouton avaient déterminé la biréfringence magnétique relative d'un grand nombre de corps en prenant le nitrobenzène comme terme de comparaison. Ils définissaient [2] cette biréfringence relative b par le rapport, multiplié par 100, des nombres représentant les biréfringences du corps étudié et du nitrobenzéne, biréfringences mesurées dans les mêmes conditions expérimentales. Depuis, cet usage a été adopté par la plupart des auteurs. La raison tient à ce que le nitrobenzène possède une grande biréfringence magnétique, que MM. Cotton et Mouton avaient mesurée avec soin et dont ils avaient déterminé avec précision la variation thermique. L'emploi, qui a été fait quelquefois, comme terme de comparaison, de substances à biréfringences magnétiques nettement plus faibles, telles que le benzène ou l'acétone, est certainement moins judicieux.

Cependant, le nitrobenzène présente un inconvénient : la variation thermique de sa biréfringence magnétique B est une des plus rapides. A 20°C., le coefficient de variation thermique $\alpha = (1/B)\,(\Delta B/\Delta t)$ est égal à $-1/144$. Il eût été préférable — comme le remarquaient d'ailleurs MM. Cotton et Mouton — d'utiliser un liquide à grande biréfringence mais à faible variation thermique. Un des corps susceptible de remplir ces deux conditions est le bromonaphtalène-α : sa biréfringence magnétique est du même ordre de grandeur que celle du nitrobenzène, et elle présente une variation thermique environ deux fois plus faible.

Au cours d'une série de mesures faites à Bellevue en collaboration avec V. Kunzl [3], nous avons déterminé cette variation thermique dans un intervalle de température de 130° C. environ. Nous avons utilisé le bain thermostatique de A. Goldet [4] réglé électriquement et le champ magnétique du grand Électro-aimant de Bellevue. Les mesures de biréfringence ont été faites pour les radiations $\lambda = 578\ \mathrm{m}\mu$ et $\alpha = 546\ \mathrm{m}\mu$ du mercure, par la méthode du compensateur quart d'onde. Le tableau des résultats contient, d'une part, l'angle β mesurant la biréfringence et, d'autre part, la constante C de Cotton et Mouton qui s'en déduit. Cette dernière a été calculée en prenant pour le

(1) Séance du 17 mars 1947.

(2) *Ann. de Chim. et Phys.*, **28**, 1913, p. 209.

(3) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 577.

(4) *Ann. de Phys.*, **10**, 1938, p. 103.

nitrobenzène à 25°,5 C. et pour $\lambda = 578$ mμ : $C = 2,37.10^{-12}$. Dans nos conditions expérimentales, un tube rempli de nitrobenzène accuse à cette température et pour cette radiation une biréfringence de 8°39′,

	$\lambda = 578$ mμ.			$\lambda = 546$ mμ.	
t°C.	β°.	C.10¹².	t°C.	β°.	C.10¹².
17,5......	9° 19′	$2,55_3$	17,5......	9° 53′	$2,70_8$
23........	9 6	$2,49_3$	24........	9 40	$2,64_9$
33........	8 52	$2,43_0$	36,8......	9 19	$2,55_3$
37,8......	8 44	$2,39_3$	41,6......	9 6	$2,49_3$
42........	8 32	$2,33_8$	54,9......	8 48	$2,41_1$
53,2......	8 17	$2,26_9$	61........	8 38	$2,36_5$
64,3......	8	$2,19_2$	79,9......	8 10	$2,23_8$
73........	7 48	$2,13_7$	100,6......	7 40	$2,10_1$
84........	7 32	$2,06_4$	115........	7 20	$2,00_9$
100,7......	7 14	$1,98_2$	144,8......	6 52	$1,88_2$
115........	6 55	$1,89_5$			
127,3......	6 42	$1,83_6$			
144........	6 26	$1,76_3$			

On peut admettre, aux environ de 25°C., que le coefficient de variation thermique du bromonaphtalène-α a pour valeur $\alpha = - 1/300$.

PHOTOGRAPHIE. — *Sensibilité spectrale des émulsions Lippmann non chromatisées.* Note de Mme **Arlette Vassy** et MM. **Pierre Schonne** et **Étienne Vassy**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons donné dans un autre Recueil (1) la définition que nous avons adoptée pour la sensibilité spectrale d'une émulsion : inverse de l'énergie nécessaire pour obtenir, en fonction de la longueur d'onde, une densité donnée, le développement étant effectué dans des conditions déterminées, en indiquant les raisons de ce choix parmi les définitions d'usage courant. Ici nous avons été conduits à choisir des densités assez faibles (entre 0,10 et 0,50), car les émulsions Lippmann sont coulées en couche mince et ont une faible teneur en argent; par suite elles ne peuvent donner les fortes densités des émulsions courantes.

Notre dispositif expérimental est différent de celui utilisé précédemment de façon à atteindre des régions plus lointaines de l'ultraviolet; il comporte un spectrographe Hilger E 31 à optique de quartz, et comme source le cratère positif d'un arc au charbon; l'image de ce dernier est formée au moyen d'un achromat quartz-fluorine sur lequel on peut placer des grilles d'opacité connue permettant d'obtenir des spectres de densités différentes.

(1) *Science et Ind. phot.*, **16**, 1945, p. 249.

Les clichés étaient développés dans un révélateur génol-hydroquinone pendant 4 minutes à 18° C. Un calcul simple permet de déterminer, à un facteur constant près, l'énergie reçue par l'émulsion pour chaque longueur d'onde; les densités sont mesurées au microdensitomètre dont la description a été donnée précédemment (2).

Nous considérerons plusieurs cas : émulsions Lippmann fraîches et n'ayant subi aucun traitement après la fabrication; émulsions légèrement mûries à 80° C. pendant un quart d'heure et une heure (ces émulsions sont diffusantes et impropres à la photographie des couleurs); émulsions, mûries ou non, étudiées après un stockage de trois mois environ.

Les émulsions fraîches ne présentent pas de sensibilité dans les grandes longueurs d'onde; la sensibilité devient perceptible à 4500 Å, et elle va en croissant au fur et à mesure que la longueur d'onde diminue, jusqu'à 2500 Å où s'arrêtent nos mesures à cause de l'émission insuffisante de la source; à peine semble-t-il que vers 2500 Å on soit sur le point d'atteindre un palier. Voici quelques chiffres donnant la sensibilité en unités arbitraires.

Tableau I.

2500	2750	3000	3250	3500	3700	4000	4250	4500
29,3	27,3	20,4	14,5	8,3	4,2	2,0	0,9	0,5

Le résultat est identique pour des émulsions préparées à partir de bromure de potassium ou de bromure d'ammonium.

Les émulsions mûries présentent une sensibilité accrue, d'autant plus que la maturation a été plus prolongée, mais l'allure de la courbe n'est pas modifiée : la croissance est toujours régulière du visible à 2500 Å; mais par suite de l'augmentation générale de sa sensibilité, cette dernière s'est étendue du côté des grandes longueurs d'onde, atteignant 4750 Å pour une émulsion mûrie un quart d'heure, 6000 Å pour une émulsion mûrie une heure.

Cette sensibilité diffère notablement de celle des émulsions non chromatisées courantes pour lesquelles nous avions trouvé (1) un maximum situé dans le proche ultraviolet (3800 Å environ), suivi d'une baisse rapide en allant vers les courtes longueurs d'onde. Nous avons déterminé dans les conditions expérimentales actuelles la sensibilité spectrale des émulsions suivantes : Process, Superfulgur, Ilford Q; nous avons encore trouvé le maximum de sensibilité dans le proche ultraviolet, se déplaçant légèrement avec la densité choisie entre 3250 et 3700 Å.

Quant aux émulsions stockées, avant de les étudier, leur sensibilité

(2) *Science et Ind. phot.*, 16, 1945, p. 1.

spectrale diffère des émulsions fraîches par l'apparition d'un maximum secondaire (se présentant comme une bande) superposé à la sensibilité générale précédemment décrite, maximum d'autant plus marqué et s'étendant d'autant plus vers les grandes longueurs d'onde que l'émulsion est plus mûrie; il est seulement indiqué vers 3000 Å sur une émulsion non mûrie, important sur l'émulsion mûrie un quart d'heure et situé à 3250 Å, très important sur une émulsion mûrie une heure et situé à 3750 Å. Voici quelques valeurs pour les émulsions mûries une heure (les unités ne sont pas les mêmes que pour le précédent tableau).

TABLEAU II.

2750	3000	3250	3500	3700	4000	4250	4500
68	41	69	230	79	29	10,5	4

Des expériences sont actuellement poursuivies pour préciser l'interprétation de ces résultats.

RADIOCTIVITÉ. — *Sur le rayonnement pénétrant du* Ra E. Note de M. **Marcel Lecoin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'énergie moyenne par désintégration des rayons β du Ra E, déterminée par des mesures calorimétriques, est de 318 ± 5 ekV (¹), tandis que celle qui est tirée des spectres continus, obtenus par le procédé de la chambre Wilson, est de 255 ± 15 ekV (²). Après nous être assuré qu'aucune erreur systématique n'était possible dans cette dernière détermination, nous avons pensé que cette différence pouvait s'expliquer par l'absorption dans les parois du calorimètre d'un rayonnement non électronique émis par le Ra E.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons utilisé le dispositif suivant : la source de Ra E est placée dans un tube à triple paroi entre lesquelles passait un courant d'eau : l'absorption des parois (laiton + eau) correspond à celle de 2^{mm} de laiton; le rayonnement β non absorbé est inférieur à $1/10^4$ du rayonnement initial. Un cylindre de plomb de 2^{cm} de hauteur, 2^{cm} de diamètre intérieur et $0^{cm},5$ d'épaisseur, ayant même axe que le tube, et entourant la source de Ra E, absorbe le rayonnement pénétrant éventuellement émis par le Ra E. La chaleur dégagée par cette absorption est mesurée par la méthode de micro-calorimétrie adiabatique de Swiétoslawski.

Le fonctionnement correct de l'appareil est obtenu lorsque la différence de température entre le calorimètre et la paroi extérieure du tube est constamment

(¹) M. Lecoin et Zlotowski, *Nature*, 144, 1939, p. 440.
(²) M. Lecoin, *Journal de Physique*, IX, 1938, p. 81.

inférieure à 0,5.10^{-3} degré, condition réalisée par le réglage du courant d'eau dans le tube. Un étalonnage préalable de l'appareil est obtenu en substituant une source de radon d'intensité connue à la source de RaE. On peut calculer la chaleur dégagée par l'absorption dans le calorimètre du rayonnement γ du radon dans les conditions géométriques ainsi réalisées, et l'on a déterminé que la précision des mesures de la quantité de chaleur dégagée est de 15% lorsque l'élévation de température horaire θ du calorimètre est de 20.10^{-3} degré, de 40% lorsque $\theta = 7,5.10^{-3}$ degré et 10% lorsque $\theta = 3.10^{-3}$ degré.

Nous avons utilisé dans ces expériences des sources de RaE pur, sans polonium ni RaD, déposées soit sur nickel, soit sur aluminium, dont l'intensité variait de 100 à 150 millicuries.

Dans les conditions géométriques de l'expérience, l'élévation de la température horaire du calorimètre dégagée par l'absorption du rayonnement cherché, devait être au minimum de 15.10^{-3} degré par heure.

Chaque série de mesures comporte la détermination de l'élévation de température pendant 4 heures consécutives. La source de RaE est alors remplacée par une source de radon d'intensité connue, produisant dans le calorimètre une élévation de température de même ordre de grandeur que celle qui était prévue pour RaE. Le tableau suivant donne le résultat de ces mesures :

Intensité de la source de RaE en millicuries...	150	135	110	120	105	96
θ horaire (10^{-3} degré)......................	1	0	0	2	0	1
Intensité de la source de radon témoin (millic).	8	6,5	7	6	5	4
θ horaire (10^{-3} degré)......................	11	8	8	9	6	5

Par conséquent : 1° Si le rayonnement pénétrant du RaE existe, son absorption dans les parois du calorimètre produit une élévation de température horaire inférieure à 3.10^{-3} degré, ce qui correspond à une énergie inférieure à 15 ekV par désintégration ;

2° La différence entre les énergies moyennes obtenues par voie calorimétrique et celle obtenue au Wilson, ne peut être expliquées par l'absorption partielle d'un rayonnement pénétrant dans les parois du calorimètre. Il paraît donc nécessaire d'admettre qu'il y a 1,1 rayon β émis par chaque désintégration de RaE, hypothèse d'ailleurs en accord avec différentes expériences de numération directe du nombre de rayons β par désintégration ([3]).

([3]) RUTHERFORD, *Radiation from radioactives substances*, p. 392.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Les particules ultra-légères accompagnant l'émission* β. Note (¹) de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Voici d'autres clichés relatifs aux arcs et trajectoires magnétiques obtenus avec les particules légères que j'ai appelées électrinos (²).

a. Le pouvoir de pénétration des électrinos, mesuré dans Pt, Pb, Al etc., sans atteindre la valeur des rayons γ, est nettement supérieur à celui des corpuscules δ' : la figure 1 indique, en fonction du champ magnétique, l'accroissement de la masse limite d'écran en G/cm^2, comparée avec la masse limite mesurée pour les rayons β dans les mêmes conditions. La courbe électrinienne se situe nettement au-dessus de la droite des rayons β.

b. L'action du champ électrostatique sur ces particules ultra-légère a été étudiée. Dans un bon vide, sur un arc en forme de V (cliché 5) dont les branches s'écartent sous l'effet d'une tension négative croissante (*fig.* 2, écartement ε en fonction de la tension appliquée). A tension électrique constante, l'écart ε diminue quand le champ magnétique augmente (*fig.* 3) : les électrinos seraient ici négatifs et orientés antiparallèlement, en sorte qu'une augmentation du gradient magnétique compenserait la répulsion électrostatique. De ces courbes on déduit les valeurs des rapports $\mu/e_m \cong 3\,c$ et $E/e_m \cong 10^{14}$ (E, e, μ = énergie, charge, et moment magnétique), valeurs d'ailleurs corroborées par d'autres mesures. La valeur de la masse m_0 au repos, fournie par le premier rapport, sera donc la mieux assurée, tandis que e, μ, et E, résultant de calculs indirects, peuvent être sujets à révision.

c. Sur le cliché 4, deux trajectoires d'électrinos orientés antiparallèlement, repoussés hors des régions à champ intense.

d. Un autre exemple (*fig.* 6) d'arrangement structural de particules à l'intérieur du faisceau.

e. Ces résultats sont peut-être de nature à jeter un jour nouveau sur une anomalie des spectres β. En 1933, la méthode de la trochoïde m'indiquait que des particules positives, légères, étaient présentes dans le rayonnement des émetteurs β^- (³). Or depuis cette époque des recherches entreprises sur ces charges positives paraissent donner des résultats contradictoires, selon qu'on utilise la chambre de Wilson ou le spectrographe magnétique (⁴). Bradt, Heine, et Scherrer (⁵) concluent qu'il ne peut être question de positons pour les particules en excédent observées au Wilson, tandis que Smith et Groetzinger (⁶)

(¹) Séance du 10 mars 1947.

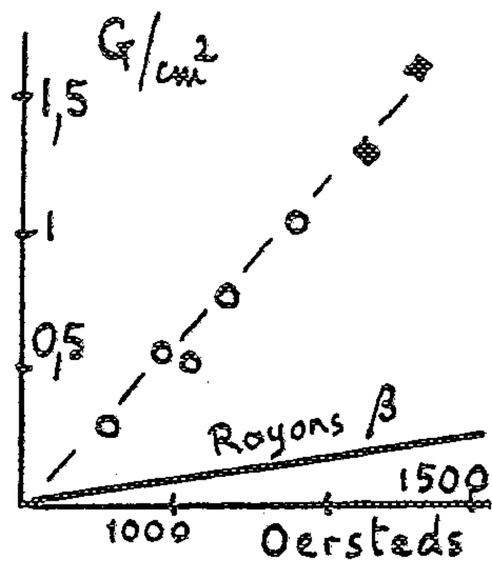
(²) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 984 et 224, 1947, p. 739.

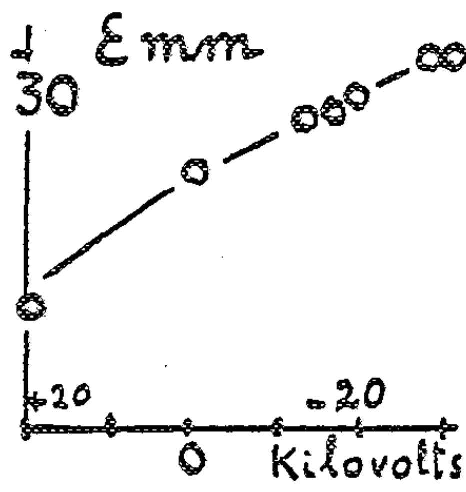
(³) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 915.

(⁴) Chadwick, Blackett et Occhialini, *Proc. Roy. Soc.*, 144, 1934, p. 235; Skobelzyn et Stepanowa, *Journ. Phys.*, 6, 1935, p. 1; Heine, *Helv. Phys. Acta*, 17, 1944, p. 273.

(⁵) *Helv. Phys. Acta*, 16, 1943, p. 491 et 19, 1946, p. 431.

(⁶) *Phys. Review*, 70, 1946, p. 96.





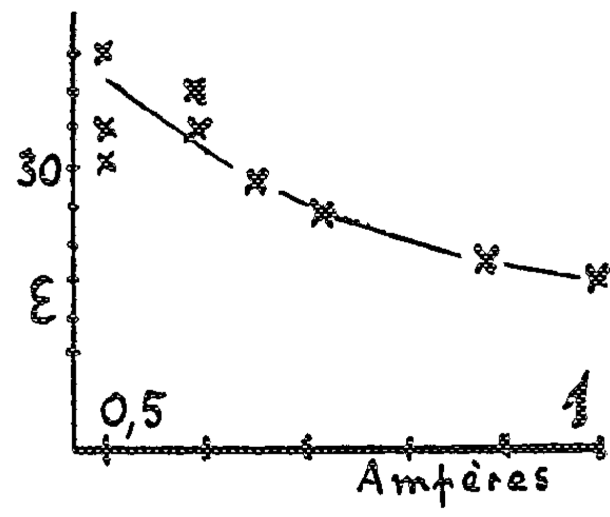


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 1. — Pénétration comparée des électrinos et des rayons β en fonction du champ magnétique.

Fig. 2 et 3. — Déviation électrostatique des particules légères en fonction de la tension et du champ magnétique.

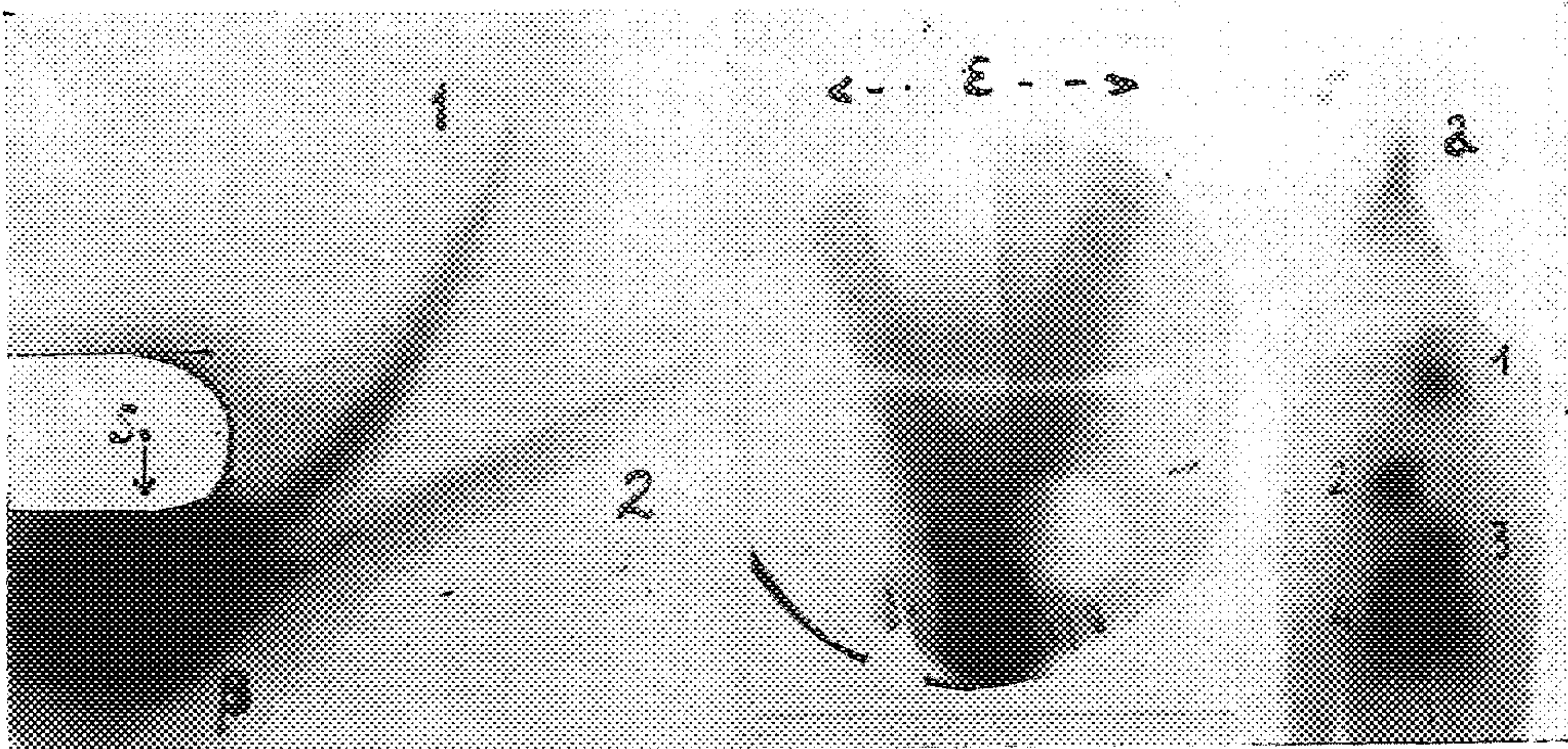


Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

Fig. 4. — Enveloppes de trajectoires (1 et 2) dans un champ magnétique à rapide décroissance vers le haut. Le rayonnement issu de la source S est canalisé dans le sens de la flèche; les rayons β s'enroulent en bas vers la gauche.

Fig. 5. — Action sur les particules d'un champ électrique répulsif (électrode négative à la partie supérieure).

Fig. 6. — Un cas d'arrangement structural à l'intérieur du faisceau particulaire (concentrations en 1, 2, 3, 4; arc du second système en a).

voudraient voir dans cette anomalie un effet secondaire d'une radiation pénétrante peu ionisante.

Les difficultés d'étude au Wilson étant grandes (nombre faible des trajectoires positives, fréquence des négatifs réfléchis par les parois), il serait prématuré d'identifier ces positifs légers anormaux avec la partie positive des électrinos (²).

Toutefois plusieurs de leurs aspects semblent en accord avec mes résultats : 1° Leur pénétration est supérieure à celle du rayonnement β; 2° Ces particules anormales présentent un spectre de quantité de mouvement plus resserré vers les petites valeurs ($\rho H \sim 10^3$) (⁷) que pour les β concomitants, ce qui conduit à un rapport E/e du même ordre de grandeur que celui que j'indique ci-dessus; 3° Les électrinos localisent leur énergie observable dans une bande relativement étroite (ainsi qu'il résulte des mesures d'absorption), en accord avec l'étroitesse du spectre des ρH; 4° Il faudrait expliquer, par contre, la différence de comportement du spectrographe magnétique et du Wilson vis-à-vis des particules anormales. S'il s'agit d'électrinos, il est possible que le champ magnétique, généralement peu homogène, appliqué au Wilson, agisse sur le moment magnétique ou encore que le rayonnement électrinien probable perturbe les parcours.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude comparée par analyse thermique et conductimétrique des sels mixtes donnés par les halogénures de plomb.* Note (¹) de Mlle **Irène Delgery**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une précédente publication (²) j'ai montré l'intérêt des mesures conductimétriques pour la recherche des composés mixtes et pour l'établissement des diagrammes de solidification. Nous allons voir que cette remarque a un caractère général, en commençant par l'étude des mélanges d'halogénures de plomb associés à des halogénures alcalins.

1. *Mélanges* Cl_2Pb—Cl Li. — Pour Treis (³), le diagramme de solidification ne révèle pas de sel mixte. Deacon (⁴) n'en obtient pas; cependant Kendall (⁵) prépare 2 Cl_2Pb, Cl Li. Or, la conductimétrie prouve l'existence de ce composé.

2. *Mélanges* Cl_2Pb—Cl Na. — Treis (³) observe seulement un eutectique à 411° pour 30 % de ClNa. Deacon (⁴) et Mme Demassieux (⁶), par la

(⁷) Sizoo et Barrendregt, *Physica*, 6, 1939, p. 1085.

(¹) Séance du 10 mars 1947.

(²) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 274.

(³) *N. J. B. Min. Beil.*, Bd. 37, 1914, p. 773.

(⁴) *J. Chem. Soc.*, 130, 1927, p. 2063.

(⁵) *J. Amer. Chem. Soc.*, 47, 1925, p. 2306.

(⁶) *Thèse*, Paris, 1923.

méthode des solubilités, ne trouvent aucun composé. Or la solubilité de Cl_2Pb croît quand on ajoute du ClNa et la conductimétrie indique nettement un sel mixte : $2\,Cl_2Pb$, ClNa. Ainsi s'expliquent l'anomalie de solubilité et l'impossibilité de préparer ce sel. Il est en effet plus soluble que le chlorure de plomb; ce dernier seul se dépose.

Le fait que Treis ne trouve qu'un eutectique à 30 % de ClNa illustre ce que nous avons dit au début. Le sel mixte $2\,Cl_2Pb$—ClNa contient 33,3 % de ClNa; il est donc très près de l'eutectique et le palier péritectique se confond presque avec le palier eutectique. En effet :

Pour 25 % de ClNa, on a un arrêt eutectique à 411°.

Pour 30 % de ClNa, on a un eutectique fondant à 411°.

Pour 33,3 % de ClNa, on a un arrêt péritectique à 420°.

Pour un esprit non averti, le point péritectique est passé inaperçu et les deux paliers sont confondus.

3. *Mélanges* Cl_2Pb—ClK. — On trouve dans la nature le composé 2ClK—Cl_2Pb. De nombreux auteurs [Berthelot (7), Herty (8), Wells (9), Brönsted (10), Demassieux (6), Burrage (11)] ont signalé les sels $2\,Cl_2Pb$, ClK; Cl_2Pb, ClK; 2ClK, Cl_2Pb et Cl_2Pb, 4ClK. Par conductimétrie, nous trouvons $2\,Cl_2Pb$, ClK; Cl_2Pb, ClK et Cl_2Pb, 2ClK. Or Treis, établissant le diagramme de solidification, signale deux composés : $2\,Cl_2Pb$, ClK (F 440°), Cl_2, 2ClK (décomposable avant fusion) et deux eutectiques à 23 % de ClK (F 429°) et à 48 % de ClK (F 411°). Le composé Cl_2Pb, ClK n'existe pas pour Treis, mais la présence d'un eutectique à 48 % de ClK suffit à expliquer cette erreur. Le point péritectique était une fois de plus passé inaperçu.

4. *Mélanges* Cl_2Pb—$ClNH_4$. — André (12) signale trop de composés définis; Randall (13), Fonzes et Diacon (14) signalent $2\,Cl_2Pb$, $ClNH_4$ et Cl_2Pb, $ClNH_4$; Wells prépare Cl_2Pb—$ClNH_4$; selon la conductimétrie, ces trois sels existent.

Les bromures et iodures ont été beaucoup moins étudiés et l'on ne peut pas faire une étude comparée aussi approfondie. Voici le tableau des sels doubles que j'ai finalement obtenus :

---

(7) *Ann. Chim. Phys*, 5e série, **29**, 1883, p. 293.
(8) *Amer. Chem. J.*, **1**, 1892, p. 107.
(9) *Z. annorg. Chem.*, **3**, 1893, p. 191.
(10) *Z. Physik. Chem.*, **80**, 1912, p. 206.
(11) *J. Chem. Soc.*, **129**, 1926, p. 1763.
(12) *Comptes rendus*, **96**, 1883, pp. 535 et 1505.
(13) *Amer. Chem. J.*, **15**, 1893, p. 494.
(14) *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, **17**, 1897, p. 346.

X_2Pb.	XLi.	XNa.	XK.	XNH_4.
Cl_2Pb.......	$2Cl_2Pb, ClLi$	$2Cl_2Pb, ClNa$	$2Cl_2Pb, ClK$ Cl_2Pb, ClK $Cl_2Pb, 2ClK$	$2Cl_2Pb, ClNH_4$ $Cl_2Pb, ClNH_4$ $Cl_2Pb, 2ClNH_4$
Br_2Pb.......		$Br_2Pb, BrNa$	$2Br_2Pb, BrK$ Br_2Pb, BrK	$2Br_2Pb, BrNH_4$ $Br_2Pb, BrNH_4$
I_2Pb.........	I_2Pb, ILi	I_2Pb, INa	I_2Pb, IK $I_2Pb, 2IK$	I_2Pb, INH_4

Conclusion. — Nous voyons de quelle utilité peut être la conductimétrie :

1° Elle prouve que les sels mixtes préparés par voie humide existent réellement et ne sont pas des mélanges;

2° Elle oriente les recherches de préparation en ne laissant pas au hasard le soin de déterminer les proportions des corps réagissants;

3° Elle contrôle et prévoit la forme des diagrammes de solidification;

4° Elle attire l'attention sur des régions intéressantes, permet de les rectifier et de les étudier avec plus de soin.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Dégradation des hauts polymères.* Note (¹) de M^lle **Jacqueline Lacau**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Dans le présent travail, la dégradation du copolymère butadiène (75 %)-styrolène (25 %) a été étudiée en présence de l'air (1 atome d'oxygène pour 10 atomes de carbone).

En mesurant la viscosité de la solution au cours de la dégradation, j'ai pu suivre la variation de la masse moléculaire en fonction du temps de chauffage.

La viscosité a été convertie en masse moléculaire par la formule

$$[\eta] = 5.10^{-5} M^{\frac{2}{3}}. \tag{1}$$

Les mesures ont été effectuées dans des viscosimètres scellés, placés dans des étuves. A intervalles de temps réguliers, les viscosimètres étaient sortis de l'étuve et la viscosité mesurée dans un thermostat à 25°.

Le polymère commercial a été traité deux fois à l'acétone pour en extraire l'antioxydant, puis fractionné par précipitation d'après le procédé suggéré par R. L. Scott (²) et M. Magat (³).

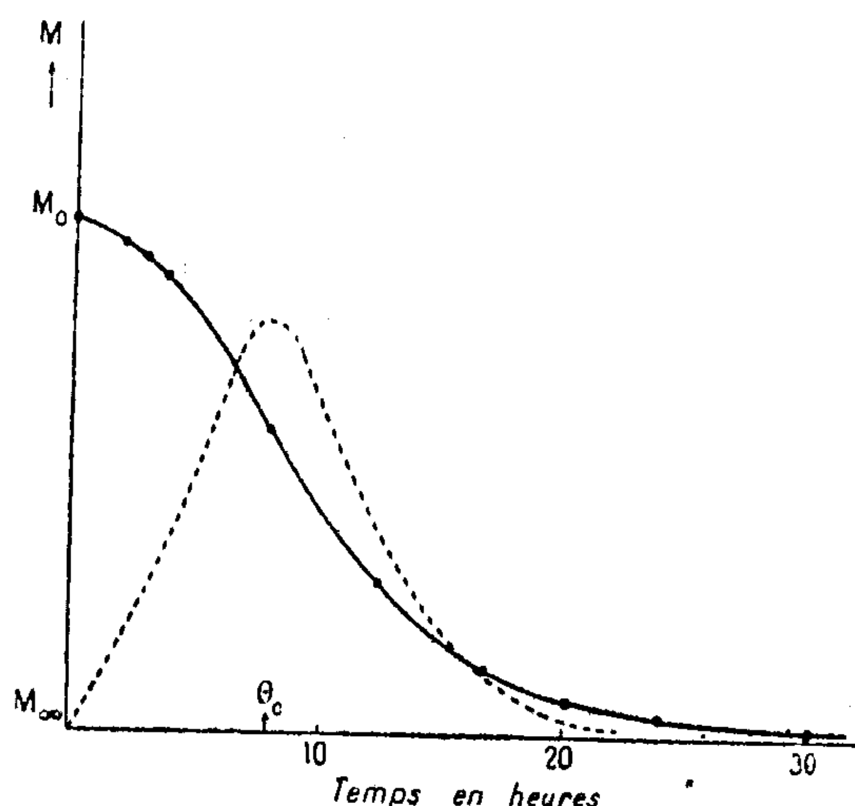
La figure ci-après est un exemple de courbe de variation du poids moléculaire en fonction du temps de chauffage à une température donnée (ici 110°). La courbe en pointillé est la courbe des vitesses déduite de la première par différenciations.

(¹) Séance du 17 mars 1947.
(²) *Thèse*, Princeton, 1944.
(³) *J. Chem. Soc.*, 13, 1945, p. 272.

Cette courbe a l'allure d'une courbe de réaction en chaîne. La constante de la vitesse globale de dégradation a été déduite de la formule classique

$$K = \frac{1}{\theta} \operatorname{Log}_e \frac{M_0 - M_n}{M_n - M_\infty},$$

où θ représente le temps en prenant pour origine l'abscisse du maximum de vitesse; M_0 le poids moléculaire initial, M_n le poids moléculaire au temps n et M_∞ le poids moléculaire final.



Cette formule donne des valeurs de K constantes, sauf au début et à la fin de la courbe où les valeurs de M_n sont trop voisines de M_0 et M_∞ pour que le rapport $(M_0 - M_n/M_n - M_\infty)$ ait un sens.

Dans le cas où la masse moléculaire varie entre 100000 et 2 000 000, la constante de vitesse K est indépendante de la concentration du polymère (pour une variation de 1 à 10^g par litre) et de la masse moléculaire initiale.

De même, le poids moléculaire final du produit dégradé ne dépend ni de la concentration ni de la masse moléculaire initiale, ce qui confirme les expériences de Mesrobian et Tobolski sur le polystyrolène ([1]).

Si nous portons en abscisse $1/T$ et en ordonnée le logarithme de la vitesse maximum, nous obtenons une droite parfaite qui permet de déduire l'énergie d'activation de la réaction de propagation de rupture. La chaleur d'activation ainsi obtenue est de 18,9 kcal.

Tobolsky, Dihlon et Prettyman ont étudié la vitesse de relaxation d'un caoutchouc tendu dont l'énergie d'activation est de 30-32 kcal. Cette valeur est très différente de celle que j'ai déterminée plus haut, néanmoins la valeur que j'ai obtenue est du même ordre que la chaleur de polymérisation qui est de 15 à 20 kcal.

([1]) *J. Am. Chem. Soc.*, 67, v, 1945, p. 785.

Cette remarque n'implique pas que le processus de dégradation est une dépolymérisation, c'est-à-dire que la rupture ne se produit pas obligatoirement aux extrémités d'un chaînon de monomère.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude électrochimique de quelques acides phosphoniques aminés.* Note ([1]) de MM. **Paul Rumpf** et **Vincent Chavane**, présentée par M. Louis Hackspill.

Par titrage électrométrique en solution aqueuse N/10, au moyen d'une électrode de verre, nous avons déterminé, à $\pm 0,05$ près, les cologarithmes des constantes de dissociation électrolytique de plusieurs acides phosphoniques $H_3C-(CH_2)_{n-1}-PO_3H_2$.

n.	1.	2.	6.	12.
pK_1	2,35	2,45	2,6	Insoluble dans l'eau en milieu acide
pK_2	7,1	7,85	7,9	8,25 (N/50)

Nous avons étudié ensuite, par la même méthode, les dérivés aminés de formule générale $H_3N^+-(CH_2)_n-PO_3H^-$, récemment préparés par l'un de nous ([2]). Les courbes présentent trois points d'inflexion. Le premier, vers pH 2,5, correspond à la première acidité phosphonique dont le titrage par un

	n...	0.	1.	2.	4.	5.	10.
Titrage par HCl N/10	pK'_1.	2,1	2,35	2,45	2,55	2,6	Insoluble dans l'eau en milieu acide
» KOH N/10	pK'_2.	3,8	5,9	7,0	7,55	7,6	8,0 (N/50)
	pK'_3.	10,25	10,8	10,8	10,9	11,0	11,25 (N/50)

acide fort fait reculer l'ionisation : *le groupement azoté sature cette fonction, en solution aqueuse pure, mais il n'exerce aucune influence intramoléculaire sur le* pK *correspondant.*

Les deux autres points d'inflexion ont été obtenus par addition de potasse titrée à la solution de l'amino-acide. Pour reconnaître avec certitude la branche de courbe qui traduit le recul d'ionisation de la fonction amine, nous avons jugé nécessaire de recommencer deux titrages ($n = 1$ et 5), en présence d'un excès de formaldéhyde qui donne, avec les amines primaires, des produits de condensation faiblement basiques, mais qui n'agit pas sur la plupart des acides. Dans ces conditions, le palier le plus élevé en milieu alcalin descend de plusieurs unités dans l'échelle des pH et ne forme plus qu'un seul palier de longueur double avec le précédent inchangé. Cette observation prouve que K'_3 est la constante de dissociation de la fonction ammonium et K'_2, celle de la

([1]) Séance du 17 mars 1947.

([2]) V. Chavane, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 406.

deuxième acidité phosphonique. Si l'on ajoute de l'alcool à la solution aqueuse d'un acide phosphonique aminé, pK'_2 augmente et pK'_3 diminue : on retrouve ici l'affaiblissement des deux fonctions ionogènes, déjà observé pour les amino-acides carboxyliques. Ces résultats concordants confirment la formule proposée dans la Note précédente ([2]) $H_3N^+-(CH_2)_n-PO_3H^-$. Comme les amino-acides sulfoniques ou carboxyliques de la série grasse, ces dérivés du phosphore existent, dans leurs solutions aqueuses, pures à peu près uniquement à l'état d'*ions* doubles *amphotères*, de sels internes.

En comparant pK'_2 et pK_2, nous voyons que le groupement ammonium, porteur d'une charge positive, renforce nettement la seconde acidité phosphonique. Cette influence est très accusée pour les premiers termes de la série. Lorsque le nombre d'atomes de carbone intercalaires n augmente à partir de $n=1$, l'effet observé décroît un peu moins rapidement que ne l'exigerait la relation linéaire empirique de Mac Innes $pK'_2 = pK'_{2\infty} - c/n$. La constante c est ici de l'ordre de 2,4 unités, comme pour les acides aminés carboxyliques ([3]); $pK'_{2\infty}$ est voisin de 8,25, valeur égale à celles que nous avons trouvées pour la deuxième acidité phosphonique de l'acide normal à 12 carbones et de l'undécanoïque-1 phosphonique-11, insoluble à l'état d'acide libre ($pK_{(CO_2H)} = 5{,}0$; $pK_{(PO_3H^-)} = 8{,}25$).

La forte basicité du groupement $-NH_2$ se manifeste très nettement dans le cas du monoamide de l'acide phosphorique $H_3N^+-PO_3H^-$. Pour les premiers termes de la série aliphatique, pK'_3 est tout à fait comparable au pK des amines grasses primaires; il augmente avec la longueur de la chaîne : $pK'_{3\infty}$ dépasse 11, phénomène déjà constaté à propos des acides aminosulfoniques ([4]). Mais ici, *le groupement acide doublement ionisé* $-PO_3^{--}$ *exerce, sur la basicité de la fonction amine, une influence très faible*, sensiblement égale à celle d'un simple atome d'hydrogène.

Par la méthode de G. M. Kosolapoff ([5]), l'un de nous a préparé l'acide phénylaminopropane phosphonique $C_6H_5-NH_2^+-(CH_2)_3-PO_3H^-$: F 129-130°; pK'_1 2,10; pK'_3 4,25; pK'_2 7,15. Comme pour l'aniline, la présence du phényle diminue fortement la basicité; le recul d'ionisation correspondant a déjà lieu au-dessous de pH 7, avant la seconde dissociation acide. Malgré son éloignement, ce noyau aromatique paraît renforcer les deux acidités phosphoniques.

La basicité de la fonction amine est même nettement inférieure à celle de la *n*-propylaniline de pK 5,05 : contrairement à ce que nous venons de constater pour $-PO_3^{--}$, *le groupement* $-PO_3H^-$ *est fortement acidifiant*. On pouvait le prévoir, en raison de la présence d'une seule charge négative au lieu de deux.

([3]) P. Rumpf, *La théorie de l'ion amphotère*, Paris, 1936.
([4]) P. Rumpf, *Bull. Soc. Chim. France*, 5e série, 5, 1938, p. 871.
([5]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 66, 1944, p. 1511.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence des facteurs cristallographiques sur la corrosion intergranulaire de l'aluminium de haute pureté.* Note [1] de MM. PAUL LACOMBE et NICOLAS YANNAQUIS, présentée par M. Albert Portevin.

Dans ce travail nous avons observé que la corrosion intercristalline de l'aluminium par l'acide chlorhydrique, déjà signalée par Rohrmann sur un métal à 99,95 % de pureté [2], était aussi intense sur l'aluminium titrant respectivement 99,994 et 99,9986 % de pureté [3]. (Les impuretés de ce dernier sont 0,0002 % Fe, 0,0009 % Si et 0,0003 % Cu.)

Le fait que l'intensité de la corrosion intercristalline n'est pas diminuée par l'accroissement de pureté du métal nous a amenés à penser que l'origine de cette attaque devait plutôt être recherchée dans les possibilités d'accolement des réseaux contigus. Cette hypothèse avait déjà été invoquée par l'un de nous pour expliquer le fait que l'attaque de l'aluminium pur par le réactif aux trois acides (HCl, NO_3H, HF), qui, en dehors des figures de corrosion, ne fait apparaître que les contours de grains séparant des cristaux d'orientation très différente [4].

Dans ce but, nous avons soumis à l'attaque chimique prolongée par une solution aqueuse de HCl à 10 % des échantillons d'aluminium pur laminés à $1^{mm},5$ d'épaisseur, puis recristallisés à gros grains par écrouissage de 2 % suivi d'un chauffage de 72 heures à 600°. Avant immersion dans l'acide, les échantillons sont polis électrolytiquement suivant les conditions précisées par l'un de nous pour éviter toute action perturbatrice d'une mince couche d'oxyde [5].

Dans ces conditions, on observe au cours d'une immersion de 25 à 30 jours une attaque profonde des joints de grains conduisant à la séparation complète des cristaux. Nous avons pu augmenter la vitesse de corrosion par attaque anodique du métal dans une solution de HCl à 10 % sous une densité de courant de 10 mA/dm². On observe alors une corrosion intercristalline profonde au bout de 6 à 8 jours d'électrolyse.

Cependant il est très important de constater que tous les contours de grains ne sont pas attaqués avec la même vitesse. En particulier, les contours séparant deux cristaux d'orientation voisine (déterminée par diagramme de Laue en retour) résistent à la corrosion.

---

(1) Séance du 17 mars 1947.

(2) *Trans. Electrochem. Soc.*, 66, 1934, p. 229.

(3) Ce métal très pur nous a été transmis par M. Gadeau.

(4) P. LACOMBE et L. BEAUJARD, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 66.

(5) P. MORIZE et P. LACOMBE, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 658.

Mais il y a plus. Au cours de la recristallisation en gros grains de l'aluminium très pur, apparaissent des cristaux maclés, soit à contours rectilignes, soit à forme générale pointue et contours curvilignes, signalés par W. Burgers ([6]). Dans les deux cas, nous avons vérifié par rayons X qu'il existe une relation cristallographique étroite entre les cristaux contigus, chacun d'eux possédant un plan octaédrique (111) parallèle. Dans ce cas encore, nous avons observé une résistance parfaite à la corrosion des joints séparant les deux parties de la macle, principalement dans le cas des macles à contour rectiligne (*fig.* 1).

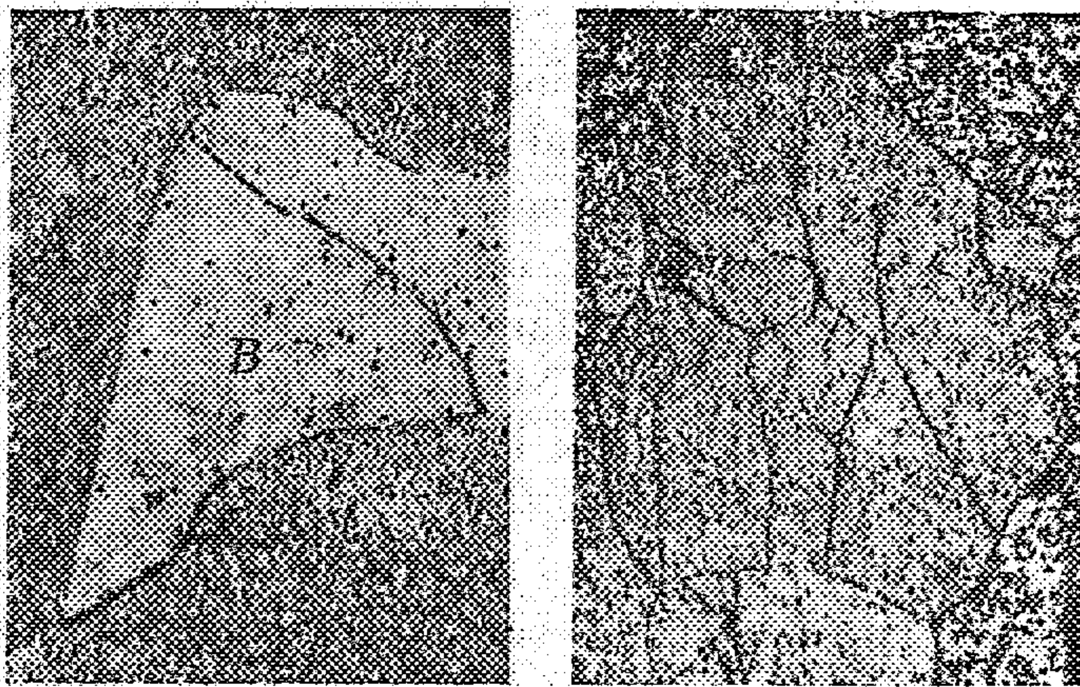


Fig. 1. — Résistance à la corrosion d'un joint rectiligne séparant deux cristaux A et B en position de macle. Le joint est la trace du plan de macle (111). G. = 10.

Fig. 2. — Désagrégation du même cristal par attaque anodique prolongée des limites intracristallines. G. = 10.

Enfin, fait important, la prolongation de l'attaque anodique, bien au delà du temps nécessaire pour attaquer les joints de grains, provoque la désagrégation des cristaux eux-mêmes par attaque profonde des limites *intracristallines* déjà mises en évidence par l'un de nous et attribuées aux imperfections de structure du cristal ([7]) (*fig.* 2).

Nous concluons de ces faits que l'origine de la corrosion intercristalline de l'aluminium de très haute pureté doit être attribuée aux discordances d'accolement entre réseaux voisins qui doivent être d'autant plus importantes que la différence d'orientation de ces derniers est plus grande. Celles-ci ne peuvent pas se concevoir dans le cas où les cristaux voisins possèdent un plan commun d'accolement réticulaire.

([6]) W. Burgers et W. May, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 64, 1945, p. 5.

([7]) P. Lacombe et L. Beaujard, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 414.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Principe d'une méthode pour l'obtention rapide des surstructures. Application aux alliages du type* Pt-Fe. Note ([1]) de M. **Louis Weil**, présentée par M. Pierre Chevenard.

On obtient l'arrangement ordonné des atomes d'un alliage dans les limites de concentration où il est stable par un refroidissement lent du métal. Les germes d'ordre à courte distance, qui existent même à température élevée, grossissent rapidement à partir d'une certaine température (point d'établissement de l'ordre θ°) et donnent lieu, par un mécanisme de diffusion, à un ordre à grande distance dont le degré, à l'état d'équilibre, défini à partir de la proportion d'atomes en position aberrante, est fonction de la température seulement.

L'état d'équilibre est en général très lent à obtenir : une trempe, à partir d'une température supérieure à θ°, permet, le plus souvent, d'observer l'état désordonné, et il faut inversement des vitesses de refroidissement très faibles ou des séjours prolongés à quelques dizaines de degrés au-dessous de θ° pour voir apparaître l'état d'ordre ([2]). Une allure de 30 degrés/heure est par exemple encore trop rapide pour un Cu_3Au; tel Pt-Ni demande un recuit d'un mois pour prendre une structure ordonnée.

Bragg et Williams ([3]) ont calculé le temps de relaxation. Ils ont admis que la diffusion s'effectuait, comme la diffusion ordinaire des métaux, par échange de places de deux atomes voisins. Seitz ([4]) a signalé à propos de la diffusion ordinaire des métaux combien le mécanisme était peu vraisemblable pour un phénomène dont l'étude de la variation thermique montre qu'il ne doit mettre en jeu qu'une énergie d'activation de l'ordre de 1 électronvolt. Il a suggéré l'intervention de trous dans le réseau, provenant de l'éjection d'atomes à la suite de l'agitation thermique; le passage d'un atome dans un trou est accompagné d'un changement d'énergie très faible ou nul, et l'on conçoit que la barrière de potentiel à franchir soit basse; un tel déplacement est donc beaucoup plus probable que l'échange envisagé jusque-là. Il est vrai que la proportion de trous dans un réseau reste toujours faible : Seitz l'évalue par exemple, dans un cas particulier, à 10^{-4} à une température de 1000° K.

La diffusion qui donne naissance à une surstructure a ceci de particulier qu'elle peut être supposée localisée à l'intérieur des grains de l'alliage si celui-ci a été homogénéisé; on n'a pas à s'occuper de ce qui se passe entre les grains. Mais aux trous envisagés par Seitz, il faut ajouter

---

([1]) Séance du 10 mars 1947.

([2]) F. C. Nix et W. Schockley, *Rev. of Mod. Phys.*, **10**, 1938, p. 1.

([3]) *Proc. Roy. Soc. London*, **A**, **145**, 1934, p. 726.

([4]) *The Modern theorie of solids*, New-York, 1940, p. 415.

les trous existant à la *surface du grain*, soit en raison de la moindre énergie de liaison des atomes superficiels, soit en raison d'un mode de préparation spécial.

On peut préparer l'alliage par les méthodes de la métallurgie des poudres et utiliser comme poudres des métaux préparés par les procédés ordinairement appliqués aux catalyseurs. On sait en effet que l'on attribue les propriétés actives des métaux obtenus par réduction à basse température, non seulement à la finesse du grain et à l'étendue de la surface telle qu'on pourrait la déduire de la dimension des cristallites mesurée aux rayons X (pour une sphère de 100 Å de diamètre, 10 % des atomes sont à la surface), mais encore aux trous et autres irrégularités qu'elle comporte ([5]).

On doit s'attendre alors à voir considérablement accélérée la formation des surstructures. Il faut toutefois que chaque grain présente la bonne composition, puisqu'on a renoncé à une homogénéisation par fusion. Nous avons donc réduit des *composés des métaux* dans lesquels ceux-ci existent déjà dans la bonne proportion. Nous nous sommes plus particulièrement intéressés aux alliages du type PtFe pour lesquels l'observation aux rayons X est aisée.

Les poudres de PtFe, PtCo et PtNi ont été obtenues par réduction du platocyanure, dans l'hydrogène, entre 500° et 600° pendant 2 heures. Ces sels ont été préparés par M. Weiss à partir du platocynanure de potassium, $PtCy^4K^2$, par précipitation d'une solution de sels des métaux correspondants. M. Bertaut a examiné les poudres réduites aux rayons X; elles étaient bien cristallisées et ont toutes présenté la structure quadratique ordonnée (légère déformation du cube à faces centrées) *sans aucune trace* de la structure cubique désordonnée.

On aurait pu penser que la surstructure s'est établie dès la décomposition en raison de la disposition favorable des atomes dans le platocyanure. Dans une des préparations, nous avons donc réduit un sel de nickel qui, au lieu de n'avoir subi qu'un seul lavage par décantation, avait été lavé trois fois par décantation, puis quatre fois sur le filtre avec de l'eau chaude légèrement acidulée, pour éliminer les ions potassium. La poudre obtenue par réduction devait donc avoir, d'une part, un grain légèrement plus gros, d'autre part, moins d'inclusions dont le rôle stabilisant vis-à-vis des trous est connu dans les catalyseurs. Effectivement, même en faisant varier largement les conditions de réduction, nous avons toujours obtenu la structure désordonnée. Un chauffage de 62 heures à 400° — au lieu de 65 jours comme pour un alliage obtenu par fusion ([6]) — a d'ailleurs suffi pour rétablir l'ordre.

([5]) R. FRICKE, *Handb. der Katalyse*, Wien, 1943, 4, Catalyse hétérogène, p. 106.

([6]) U. ESCH et A. SCHNEIDER, *Z. f. Elektrochemie*, 50, 1944, p. 268.

Nous avons comprimé et fritté les poudres de PtFe et PtCo par chauffage dans l'hydrogène au-dessus du point θ. Pour les deux alliages la surstructure s'est rétablie rapidement au refroidissement (plus de 1000°/heure au passage des points θ situés respectivement à 1100° C. et 800° C.). Même une trempe ne nous a d'ailleurs pas permis d'observer le PtFe à l'état désordonné.

Le temps de relaxation apparaît donc comme n'étant plus une constante pour un alliage déterminé. Une étude quantitative est en cours pour mettre en évidence l'influence de la dimension du grain. De plus nous envisageons d'étendre la méthode décrite plus particulièrement aux surstructures difficiles à préparer.

Remarques de M. PIERRE CHEVENARD au sujet de la Note de M. LOUIS WEIL.

Des importants résultats de M. Weil sur la structure de l'alliage fer-platine obtenu par réduction du platocyanure de potassium, il me paraît intéressant de rapprocher des constatations encore inédites faites par M. Waché, au Laboratoire d'Imphy, sur l'alliage fer-nickel issu du ferrite Fe_2O_3NiO.

La réduction par l'hydrogène de cette combinaison d'oxydes préparée à partir d'un mélange de sels, donne vers 500°, non pas un mélange de fer et de nickel, mais un alliage austénitique identifié par une structure cubique à faces centrées et par un point de Curie identique à celui de l'alliage Fe_2Ni préparé par fusion. Or, cette température est trop basse pour qu'on puisse envisager la formation de l'alliage par diffusion des deux métaux supposés réduits séparément.

Dans quelques cas, les raies du cube centré se superposent à celles du cube à faces centrées, indiquant la présence d'un peu de fer α dans l'austénite Mais, comme les expériences de M. Waché l'établissent, la structure austénitique du métal réduit est d'autant plus pure que la structure du ferrite. est elle-même plus parfaite.

ÉLECTROCHIMIE. — *Influence des sels neutres sur les courbes de titrage de l'acide molybdique.* Note (¹) de M. **GEORGES CARPÉNI**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'acide molybdique utilisé dans la présente étude est l'oxyde jaune dihydraté $MoO_3.2H_2O$ obtenu très pur (²) à partir d'une solution chlorhydrique, d'après la méthode de V. Auger (³). Les courbes de titrage sont

(¹) Séance du 3 mars 1947.
(²) Des détails paraîtront dans le *Bulletin de la Société chimique de France*.
(³) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 913.

obtenues en portant les pH, mesurés à l'électrode de verre, en fonction des équivalents ajoutés de base (dans les titrages directs) ou d'acide (dans les titrages en retour).

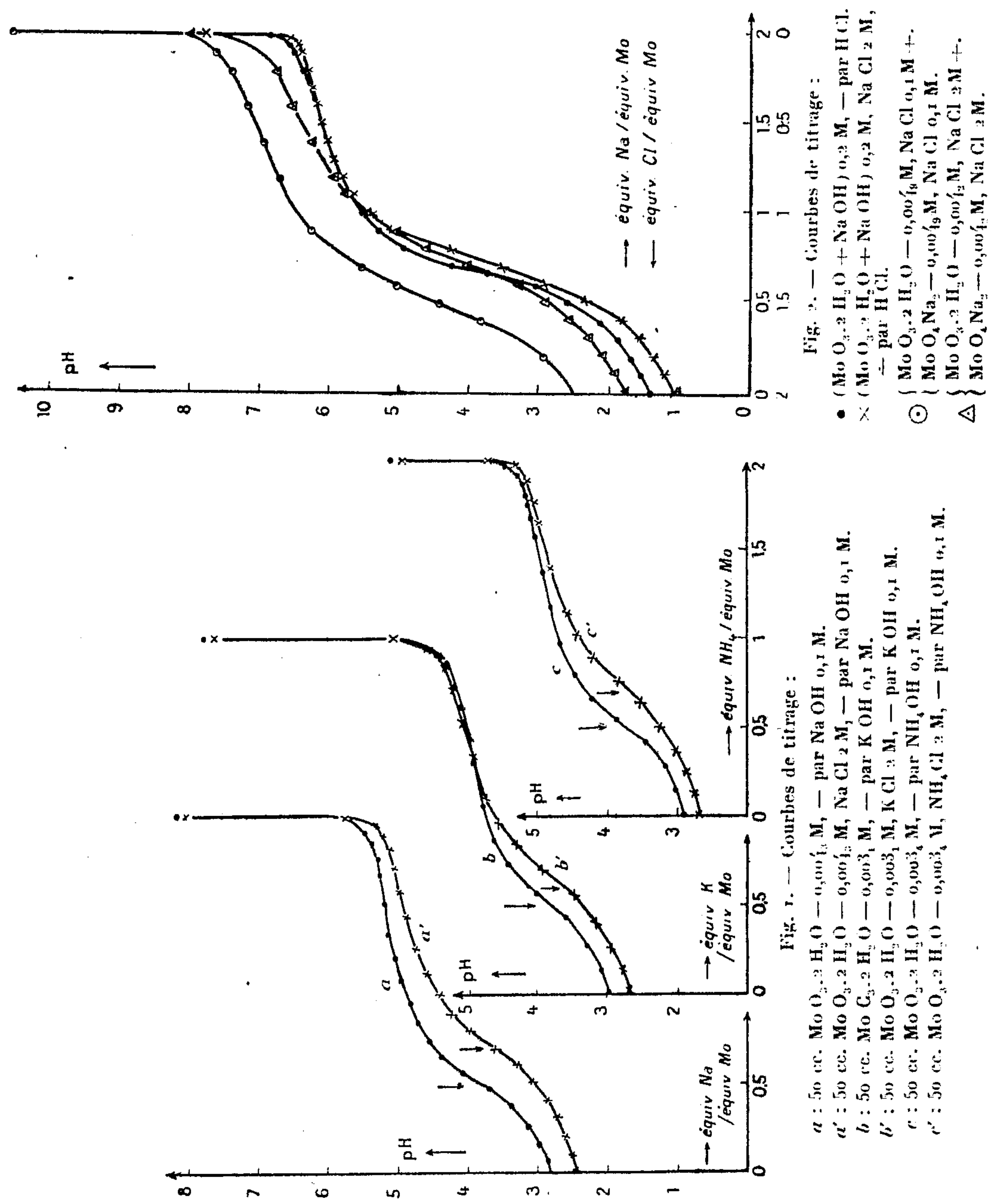


Fig. 1. — Courbes de titrage :

a : 50 cc. $MoO_3.2H_2O$ — $0{,}004_{15}$ M, — par Na OH 0,1 M.
a' : 50 cc. $MoO_3.2H_2O$ — $0{,}004_{15}$ M, Na Cl 2 M, — par Na OH 0,1 M.
b : 50 cc. $MoO_3.2H_2O$ — $0{,}003_1$ M, — par K OH 0,1 M.
b' : 50 cc. $MoO_3.2H_2O$ — $0{,}003_1$ M, K Cl 2 M, — par K OH 0,1 M.
c : 50 cc. $MoO_3.2H_2O$ — $0{,}003_4$ M, — par NH_4OH 0,1 M.
c' : 50 cc. $MoO_3.2H_2O$ — $0{,}003_4$ M, NH_4Cl 2 M, — par NH_4OH 0,1 M.

Fig. 2. — Courbes de titrage :

• ($MoO_3.2H_2O$ + Na OH) 0,2 M, — par H Cl.
× ($MoO_3.2H_2O$ + Na OH) 0,2 M, Na Cl 2 M, — par H Cl.
⊙ { $MoO_3.2H_2O$ — $0{,}004_{18}$ M, Na Cl 0,1 M +. MoO_4Na_2 — $0{,}004_{19}$ M, Na Cl 0,1 M.
△ { $MoO_3.2H_2O$ — $0{,}004_{12}$ M, Na Cl 2 M +. MoO_4Na_2 — $0{,}004_{12}$ M, Na Cl 2 M.

Contrairement à ce qu'on aurait pu croire, si l'on se réfère aux données bibliographiques, une solution d'acide molybdique *pur, exempte de sels étrangers*, fournit par titrage des courbes pH $= f$ (équivalents base/Mo)

toujours identiques, quelles que soient les concentrations de l'acide ou la nature des bases titrantes. Les courbes *a*, *b*, *c* de la figure 1 montrent, toutes, deux inflexions à tangente verticale, dont les abscisses sont, pour la première, 0,5, pour la seconde 2 équivalents base/Mo. On peut admettre qu'à la première inflexion correspond la formation d'un composé *défini* en Mo_2 *ou* en Mo_4 (Mo_2O_7Me ou $Mo_4O_{13}Me_2$), tandis que la seconde indique la neutralisation complète avec formation du sel neutre MoO_4Me_2 (Me : métal monovalent).

Les courbes changent si la solution molybdique contient, en plus, des sels étrangers, même neutres. L'abscisse du premier point d'inflexion varie alors aussi bien avec la *force ionique* du milieu, qu'avec la *nature* du cation titrant. Les courbes *a'*, *b'*, *c'* de la figure 1 et celles de la figure 2 illustrent ces influences.

L'action des sels neutres est, d'après ce qui précède, manifeste et entraîne les conséquences suivantes : 1° première inflexion déplacée, avec diminution de netteté; 2° acidification notable des solutions primitives.

Si les conséquences expérimentales sont nettes, l'explication des faits semble actuellement plus difficile. Il se peut que par changement de *solvant* (l'acide molybdique n'est plus dissous dans l'eau mais dans un solvant salin), les molécules d'acide molybdique aient subi des modifications avec formation soit de produits d'une condensation nouvelle, soit de complexes ou encore de sels doubles d'addition.

Deux hypothèses peuvent en particulier être faites : l'addition des sels neutres provoque une condensation (molécules plus riches en Mo) ou, au contraire, une scission des molécules. Comme la quantité de soude nécessaire pour arriver au premier point d'inflexion a augmenté, il faut obligatoirement admettre que, dans la première hypothèse, les anions condensés sont de valence plus élevée ([4]). L'augmentation de la force ionique provoquant, en fait, une concentration relative de l'acide molybdique, ce qui favorise plutôt la condensation, il est logique de considérer la première hypothèse comme étant *plus plausible*. En l'admettant, sous réserve, nous sommes amenés à conclure qu'en *présence* de sels neutres, les acides qui se trouvent dans les solutions d'acide molybdique sont, par comparaison avec ceux des solutions exemptes de sels étrangers, plus condensés, ont des constantes de dissociation plus fortes et peuvent donner des anions de valences plus élevées ([5]). Les sels neutres favoriseraient ou stabiliseraient ainsi les ions polyvalents, tels que les paramolybdates en Mo_6 de Rosenheim, ou en Mo_7 de Delafontaine.

([4]) Sels plus riches en cation : au premier point d'inflexion, le rapport des valences des anions, en présence et en absence de sels neutres, est *plus grand* que celui des nombres d'atomes de molybdène, dans les mêmes conditions.

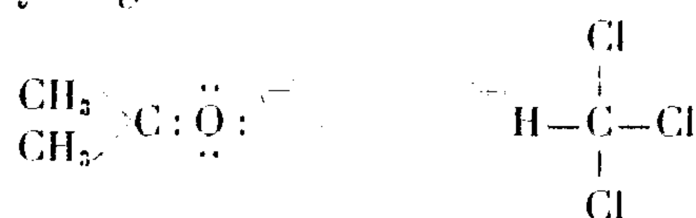
([5]) Ces conclusions ne sont pas forcément solidaires.

L'action des sels neutres étant très fréquente, les conclusions précédentes, qui s'appliquent aux molybdates, sont naturellement susceptibles d'être généralisées.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Étude de mélanges liquides binaires : chloroforme + cétone.* Note [1] de M. **Maurice Séguin**, présentée par M. Paul Pascal.

Les rares études magnétochimiques des mélanges liquides binaires ont donné lieu à des contradictions, en particulier pour le mélange chloroforme-acétone [2], [3], [4], [5], [6].

La plupart des propriétés physiques de ce mélange [tension de vapeur, chaleur de mélange, température d'ébullition [7]] présentent des anomalies importantes. L'hydrogène du chloroforme ayant un caractère électropositif, grâce à la triple substitution du chlore sur le carbone, et l'oxygène de l'acétone un caractère électronégatif, on suppose qu'il existe des molécules énergiquement associées par un pont hydrogène



L'étude d'autres propriétés physiques [chaleur totale de vaporisation, volume de dilution, viscosité, pouvoir diffusant des molécules en spectrographie Raman [8]] fait ressortir d'autres anomalies, moins marquées, explicables par la mésomérie si l'on admet, pour l'acétone, une résonance entre les deux structures

Il y aurait donc également, au sein du mélange, une association de l'acétone sur elle-même par action électrostatique.

Notre étude a porté sur quatre systèmes binaires. L'eau bidistillée, prise pour corps de référence, a une susceptibilité magnétique spécifique $k_s = -0,72 \cdot 10^{-6}$.

Les corps purs nous ont fourni les susceptibilités suivantes :

---

(1) Séance du 17 mars 1947.

(2) Trifinov, *Tables annuelles des constantes*, VII, 2, p. 1014.

(3) Trew et Spencer, *Proc. Roy. Soc.*, 131, 1931, p. 209.

(4) Trew et Spencer, *Nature*, 128, I, 1931, p. 152.

(5) Ranganadham, *Nature*, 127, 1931, p. 975.

(6) Büchner, *Nature*, 128, 1931, p. 301.

(7) Timmermam, *Les solutions concentrées*, Paris, 1936, où l'on trouvera de nombreuses références bibliographiques.

(8) Traynard, *Thèse*, Paris, 1946.

		-10^6 K$_s$. Calculé.	-10^6 K$_s$. Mesuré.
(A)	$CHCl_3$	0,488	0,480
(B)	$CH_3-CO-CH_3$	0,583	0,576
(C)	$CH_3-CO-C_2H_5$	0,635	0,636
(D)	$C_2H_5-CO-C_2H_5$	0,670	0,677
(E)	$CH_3-CO-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$	0,694	0,692

La précision des mesures est de 0,5 %, car pour chaque corps pur et pour chaque mélange, nous avons mesuré la densité et la tension de vapeur.

Le tableau ci-dessous résume nos résultats :

Concentration moléculaire en $CHCl_3$(*).	Mélange A + B — 10^6.K$_s$. Calculé.	Mesuré.	Mélange A + C — 10^6.K$_s$. Calculé.	Mesuré.	Mélange A + D — 10^6.K$_s$. Calculé.	Mesuré.	Mélange A + E — 10^6.K$_s$. Calculé.	Mesuré.
1	0,480	0,480	0,480	0,480	0,480	0,480	0,480	0,480
0,85	0,494	0,496	0,503	0,503	0,510	0,511	0,512	0,513
0,80	0,499	0,500	0,511	0,510	0,519	0,520	0,522	0,521
0,75	0,504	0,503	0,519	0,520	0,529	0,528	0,533	0,532
0,70	0,509	0,511	0,527	0,526	0,539	0,538	0,544	0,543
0,65	0,514	0,513	0,535	0,534	0,549	0,548	0,554	0,553
0,60	0,518	0,516	0,542	0,540	0,559	0,558	0,565	0,566
0,55	0,523	0,520	0,550	0,548	0,569	0,568	0,575	0,576
0,50	0,528	0,518	0,558	0,552	0,579	0,574	0,586	0,588
0,45	0,533	0,529	0,566	0,564	0,589	0,588	0,596	0,597
0,40	0,538	0,537	0,574	0,574	0,598	0,599	0,607	0,607
0,35	0,542	0,543	0,582	0,581	0,608	0,607	0,617	0,618
0,30	0,547	0,547	0,589	0,588	0,619	0,618	0,628	0,629
0,25	0,552	0,553	0,597	0,596	0,628	0,628	0,639	0,639
0,20	0,557	0,556	0,605	0,606	0,638	0,638	0,650	0,649
0,15	0,562	0,561	0,613	0,612	0,647	0,646	0,660	0,661
0	0,576	0,576	0,636	0,636	0,677	0,677	0,692	0,692

(*) Les concentrations moléculaires ont été réalisées à 0,05 % près.

Trifinov, en 1924, pour le mélange chloroforme-acétone, trouve une faible exaltation du diamagnétisme pour la concentration moléculaire de 51,5 % en $CHCl_3$. Trew et Spencer donnent $k_s = +0,70.10^{-6}$ (d'après leur courbe), valeur tout à fait inattendue pour le mélange équimoléculaire! Ranganadham et Büchner admettent, pour toute concentration, d'après la systématique de Pascal, l'additivité totale au degré de précision de leurs mesures (respectivement 3 et 2 %).

La précision que nous avons réalisée nous permet de conclure que le pont hydrogène apporte une dépréciation magnétique de 2 % pour le mélange équimoléculaire chloroforme-acétone. Pour des mélanges s'éloignant de cette proportion, nous retrouvons très vite l'additivité, le nombre de ponts hydrogène

étant bien moins élevé. Ces résultats ne montrent pas, comme nous pouvions nous y attendre, d'anomalie causée par l'association de l'acétone sur elle-même, car, dans ce cas, les forces mises en jeu sont trop faibles.

Le pont hydrogène doit créer un rapprochement entre l'atome d'hydrogène du chloroforme et l'atome d'oxygène de l'acétone, ce qui, d'une manière générale, amène une dépréciation du diamagnétisme. Cette dépréciation décroît, jusqu'à s'annuler, lorsque le poids moléculaire de la cétone augmente. Les radicaux C_nH_{2n+1} de la cétone ont en effet une électropositivité de plus en plus faible lorsque *n* croît, ce qui a pour conséquence de diminuer l'électronégativité de l'oxygène. Les ponts hydrogène seront donc de moins en moins solides ou même ne se formeront plus, en tout cas ne créeront pas un rapprochement sensible entre les deux atomes d'oxygène et de chlore, ce qui est en accord avec nos résultats (8).

EFFET RAMAN. — *État de l'acide nitrique dans ses solutions aqueuses concentrées. Spectres Raman des bandes* —OH. Note (1) de M. **Jean Chédin** et Mme **Suzanne Fénéant**, présentée par M. Jean Cabannes.

La figure 1 représente les enregistrements des bandes —OH obtenues par effet Raman (excitation : 4046 Å) sur NO_3H de concentrations (c) comprises entre 76 % et 100 % (en poids). NO_3H pur donne une bande large intense à 3400 cm^{-1} entourée de deux bandes plus fines, très faibles : 2980 et 3550 cm^{-1}.

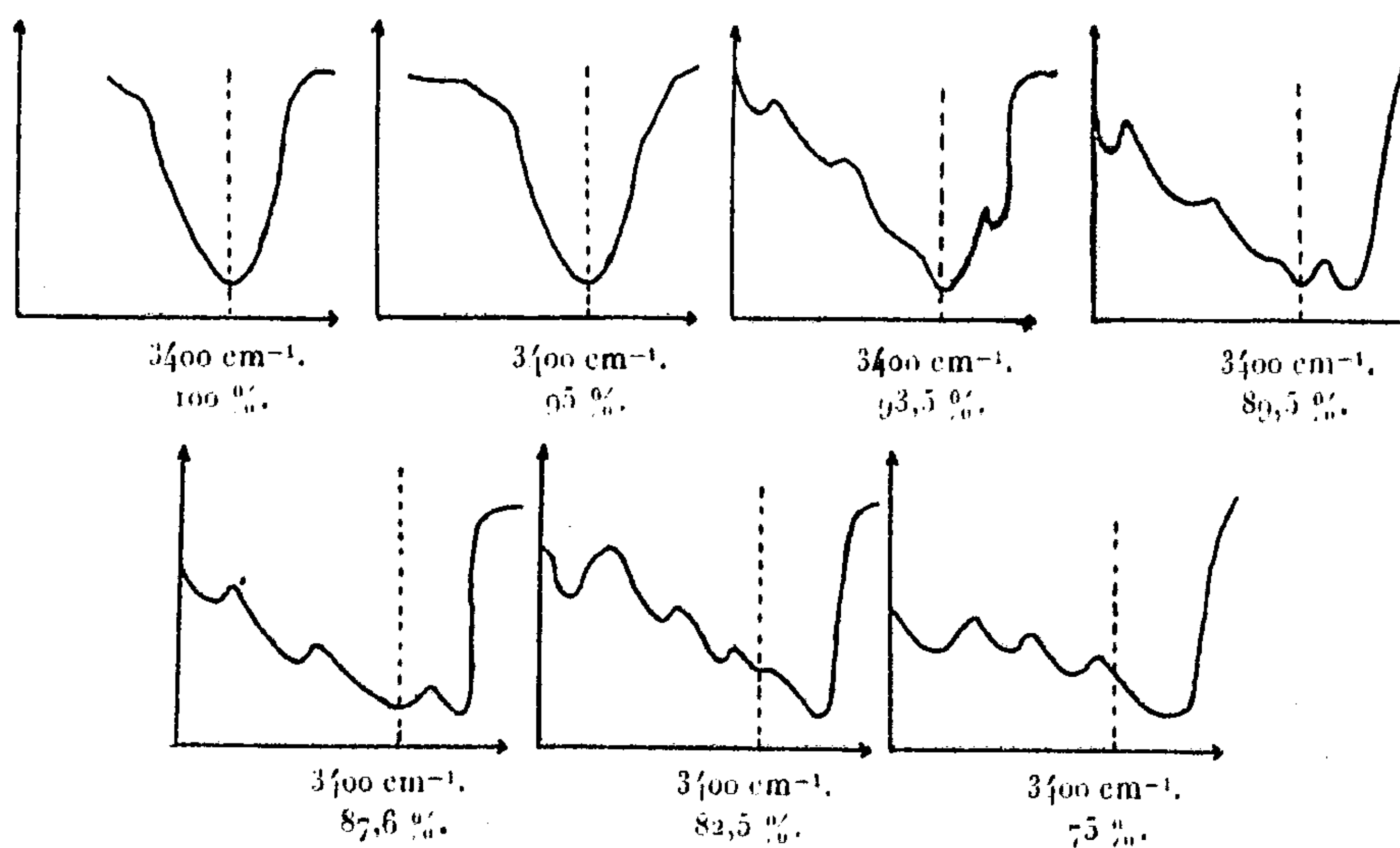


Fig. 1.

Par additions d'eau, 3400 s'affaiblit jusqu'à disparaître vers 80 % de concentration. Parallèlement 3550 devient intense, 2980 ainsi que deux bandes nouvelles : 2700, 3150 cm^{-1} se renforcent.

(1) Séance du 24 février 1947.

Dalmon et Freymann ([2]) par absorption infrarouge ont observé l'affaiblissement de 3400 et le renforcement de 3550 quand (c) passe de 100 à 80.

Notre interprétation diffère de celle de ces auteurs.

La molécule NO_2OH comporte des charges électriques libres élevées qu'on peut schématiser ainsi (*fig.* 2, *a* étant très supérieur à *b*) :

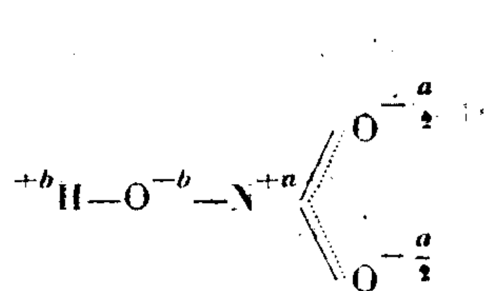


Fig. 2.

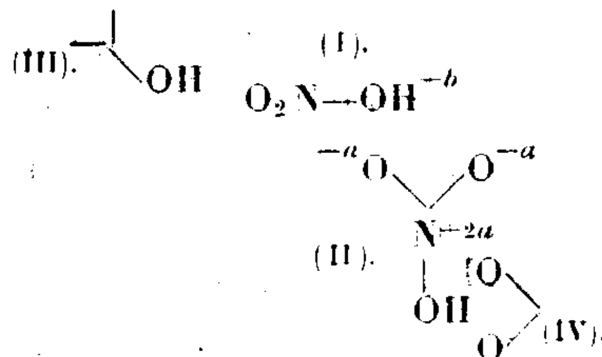


Fig. 3.

Les champs électriques intenses dus à ces charges doivent orienter les molécules de façon que la charge H^{+b} de l'une se trouve au voisinage des charges $O^{-\frac{a}{2}}$ de la molécule voisine. Bauer et Magat ([3]), étudiant par le calcul l'interaction électrostatique de deux molécules HNO_3, concluent à une association de ce genre que nous représenterons arbitrairement par le schéma de la figure 3. Nous partageons tout à fait cette manière de voir.

Dans l'acide pur, chaque molécule se trouverait ainsi associée (au moins aux températures peu élevées), comme est la molécule I sur notre schéma; son oxhydrile est *gêné* par le champ intense du groupe $(NO_2)_{II}$ et vibre seulement vers 3400 cm^{-1} (bande d'ailleurs très diffuse). L'addition de petites quantités d'eau produirait les effets suivants :

H_2O est une molécule très polaire (*fig.* 4). Nous pensons qu'une

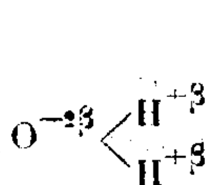


Fig. 4.

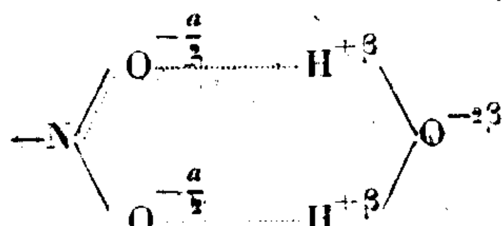


Fig. 5.

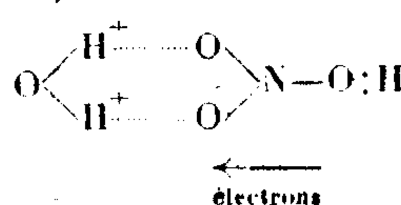


Fig. 6.

molécule H_2O se fixe sur le groupe $-NO_2$ de II par exemple. L'attraction étant d'abord d'origine électrostatique (entre les charges des deux oxygènes du du groupe $-NO_2$ et les charges + des 2 H de H_2O), conduit ensuite probablement à un complexe par liaisons hydrogènes (2700 cm^{-1}, fréquence très basse pour une vibration OH et peut-être 2980 et 3150 cm^{-1} seraient les vibrations de cet anneau comportant deux atomes H, qui, vraisemblablement, étant donnée sa symétrie, est stabilisé par résonance).

([2]) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 472.

([3]) *Cahiers de Physique*, 1941, 5e Cahier, p. 1.

Le groupe $-NO_2$ de II étant ainsi *saturé* (c'est-à-dire son moment dipolaire étant considérablement réduit par l'hydratation), le $-OH$ de I retrouverait sa vibration *libre* vers 3550 cm^{-1}, comme dans la vapeur. L'effet serait évidemment d'autant plus marqué qu'on ajouterait davantage d'eau, libérant ainsi un plus grand nombre de groupes $-OH$.

Cette interprétation permet de rassembler les faits expérimentaux suivants :

1° Dans les acides nitriques concentrés l'ionisation est très faible ([4]), ([5]), ([6]) (environ 2 % seulement pour $c = 80$), ainsi que la tension partielle de l'eau.

2° L'addition d'une molécule d'eau à de l'acide nitrique concentré (95-100 %) dégage une forte quantité de chaleur. Chaleur de formation du complexe.

3° L'addition d'eau à NO_3H pur augmente fortement la viscosité qui passe par un maximum pour $c = 75$° environ. Il n'est pas exclu que certaines molécules H_2O servent de pont entre deux molécules NO_3H.

Il est donc probable que l'acide nitrique ne s'ionise pas directement, quand on le dissout dans l'eau. Il se fait d'abord un complexe sur le $-$**NO$_2$** (*fig.* 6). Le déplacement d'électrons dû aux charges + des 2H de l'eau (flèche) rend plus positif l'H acide de NO_2OH (effet analogue à la substitution d'ion Cl dans l'acide acétique). C'est ce complexe, acide plus fort que la molécule non hydratée, qui subirait l'ionisation en NO_3^- et H_3O^+.

La présence (très faible) des bandes 2980 et 3550 dans NO_3H pur tient probablement à l'autodéshydratation partielle de cet acide en $N_2O_5 + H_2O$ qui y fait apparaître une petite quantité d'eau.

CHIMIE COLLOÏDALE. — *Étude sur la structure des systèmes bitumineux. Coagulation par le benzène des goudrons et brais de houille.* Note ([1]) de M. **Henri A. Sack**, présentée par M. J. Hackspill.

D'après Nellensteyn ([2]) la stabilité d'une solution colloïdale de bitume est surtout déterminée par la tension interfaciale entre la phase continue et la phase dispersée. La tension superficielle critique est d'environ 34 dynes/cm pour les goudrons et brais de houille.

En opérant sur des solutions artificielles préparées en émulsionnant, dans des solvants organiques du carbon-black pur (substance qui, par ses caractères chimiques et par sa constitution cristalline, se rapproche étroitement de la matière formant la phase discontinue des goudrons et brais de houille), j'ai pu constater une influence analogue de la tension super-

([4]) J. Chédin, *Ann. de Chim.*, 11, 1937, p. 243.

([5]) R. Dalmon, *Mém. des Services chimiques de l'État*, 1943, p. 141.

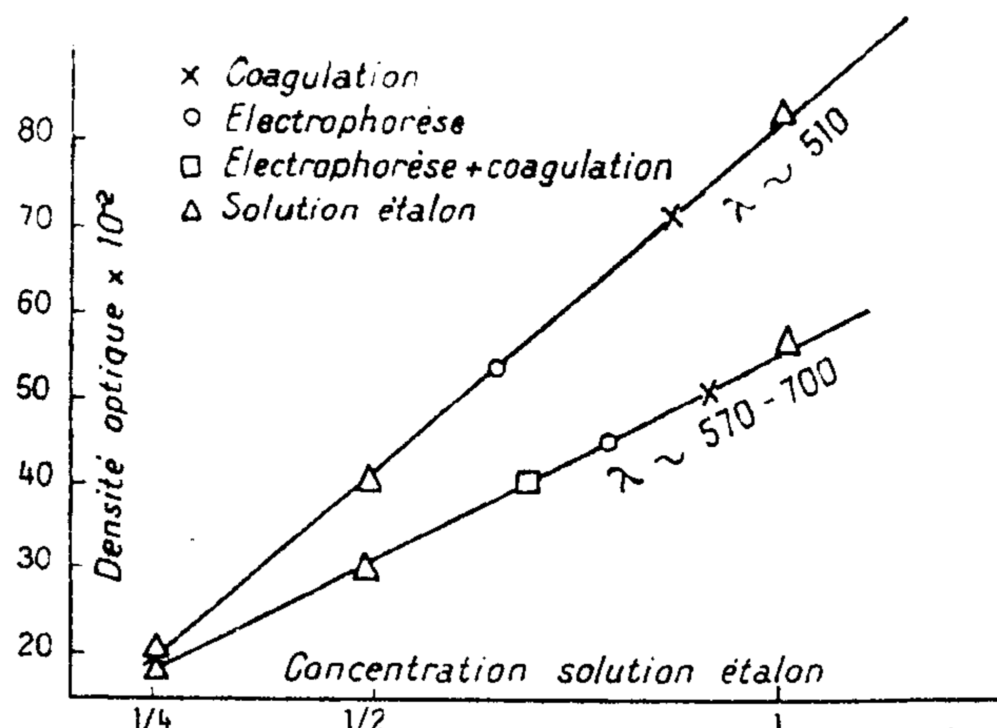
([6]) Redlich et Bigeleisen, *Journ. Chem. Soc.*, 1943, p. 1883.

([1]) Séance du 10 mars 1947.

([2]) *The science of Petroleum*, Oxford, 1938, pp. 2760-63.

ficielle du solvant. En ajoutant à une émulsion colloïdale, stable de carbon-black dans du nitrobenzène ou dans de la pyridine, un excès de trichloréthylène, d'alcool ou d'éther de pétrole, le système flocule immédiatement.

1° J'ai d'abord étudié, dans diverses conditions expérimentales, à l'aide d'un colorimètre, la décoloration d'une solution nitrobenzénique de brai de houille (voir graphique ci-dessous).



Une courbe d'étalonnage a été tout d'abord établie en mesurant les densités optiques de solutions nitrobenzéniques de brai de concentrations décroissantes. Sur cette courbe ont été ensuite portées les densités optiques de trois solutions nitrobenzéniques de brai de concentration initiale égale à celle de l'étalon (concentration I), dont la première fut coagulée par du benzène et filtrée, la seconde traitée par électrophorèse pour éliminer la phase dispersée ([3]), et enfin la troisième soumise successivement àl'électrophorèse et à la coagulation par le benzène :

a. la coagulation par le benzène n'affecte qu'une partie du système discontinu;

b. les *résines* qui se trouvent en solution moléculaire dans le nitrobenzène s'associent, s'insolubilisent et floculent partiellement [modification de leur poids moléculaire moyen ([4])].

2° Une solution de brai fut traitée par du benzène, le coagulat fut essoré et réémulsionné dans du nitrobenzène. En répétant ce processus, on constate que la quantité de matière coagulée diminue à chaque opération. Il est possible, en outre, de séparer par électrophorèse des particules du filtrat benzénique.

a. La fraction des goudrons et brais de houille dite *insoluble* dans le benzène n'est pas identique à la phase dispersée du système initial.

([3]) H. A. Sack, *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 1495-1946; **224**, 1947, p. 833.

([4]) R. J. Dickinson, *J. Soc. Chem. Ind.*, **64**, 1945, pp. 121-30.

b. Les *résines* dissoutes dans la phase dispersée ne jouent pas le rôle de colloïde protecteur (du moins en ce qui concerne les grosses particules). Car, s'il est possible d'obtenir des émulsions stables de carbon-black sans qu'il y ait présence de résine, on a pu constater que c'est précisément la formation d'une phase discontinue secondaire qui, par l'insolubilisation de *résines*, affecte la stabilité des particules primaires.

c. Il doit exister des différences fondamentales dans le comportement colloïdal des particules en fonction de leur taille. La gamme des dimensions de particules s'étend du domaine presque macroscopique jusqu'à celui de microcristallites élémentaires d'un ordre de grandeur de 10 à 20 Å en passant par des corpuscules se trouvant à la limite du pouvoir séparateur du microscope électronique ([5]). Le comportement colloïdal de microcristaux dont les couches d'adsorption dépassent leur masse propre, doit être foncièrement différent de celui d'une agglomération compacte de grand diamètre.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'hémihydrate* $TuO_3, 1/2H_2O$: *l'acide bitungstique* $Tu_2O_7H_2$. Note ([1]) de MM. **André Chrétien** et **Guy Biehler**, présentée par M. Paul Lebeau.

I. L'existence d'un hémihydrate de l'oxyde de tungstène hexavalent nous a été révélée par diverses mesures physicochimiques recoupées par des analyses chimiques des produits isolés. Ce composé est formé de diverses façons :

a. Déshydratation à température linéairement croissante d'un gel tungstique; un long palier de la courbe des pertes de poids correspond à l'hémihydrate.

(Le gel tungstique est obtenu en précipitant à 20° une solution de tungstate TuO_4Na_2, $2H_2O$ à 1 mg/l par de l'acide sulfurique dilué deux fois; le gel est essoré, puis agité avec de l'eau à 15°, séparé par centrifugation à très grande vitesse, et séché sur P_2O_5 dans le vide; il est alors vitreux, très hygroscopique.)

b. Évolution du même gel tungstique au sein de l'eau. Une élévation de température la favorise. Un acide fort est contraire par production de dihydrate à froid TuO_3, $2H_2O$, et de monohydrate à chaud TuO_3, H_2O. L'hémihydrate n'apparaît pas si l'acidité est suffisante.

c. Réaction, suivie d'hydrolyse lente du tungstate TuO_4Na_2 sur le monohydrate TuO_3, H_2O. L'addition de soude N ou d'ammoniaque à une suspension du monohydrate donne un phénomène comparable.

L'hémihydrate est blanc, difficilement soluble dans la soude N, plus encore dans l'ammoniac, ce qui le différencie des monohydrate et bihydrate qui sont jaunes.

([5]) B. Simek, J. Ludmilla et J. Helm, *Mitt. Kohlenforschgsinst*, Prague, 3, 1937, pp. 62-83.

([1]) Séance du 17 mars 1947.

Sa stabilité thermique est assez remarquable. Nous n'avons observé aucune diminution de poids en le chauffant pendant trois jours à 145°, 200° et 260°, alors que le bihydrate ne subsiste pas au delà de 50° et le monohydrate au delà de 140°.

II. Une anomalie curieuse de pH est liée à la formation de l'hémihydrate TuO_3, $1/2\,H_2O$ lors de l'addition de soude N ou N/2 à une suspension du monohydrate ou du bihydrate. Elle est accompagnée de l'apparition d'un précipité blanc.

Le pH augmente tout d'abord normalement, puis il s'élève davantage et diminue peu après sans nouvelle addition de soude pour le fixer. La courbe présente dès lors deux parties fortement divergentes qui se rejoignent ensuite. L'écart entre le pH maximum et le pH final atteint juqu'à 2,5 (*a* et *b*, *fig.* 1).

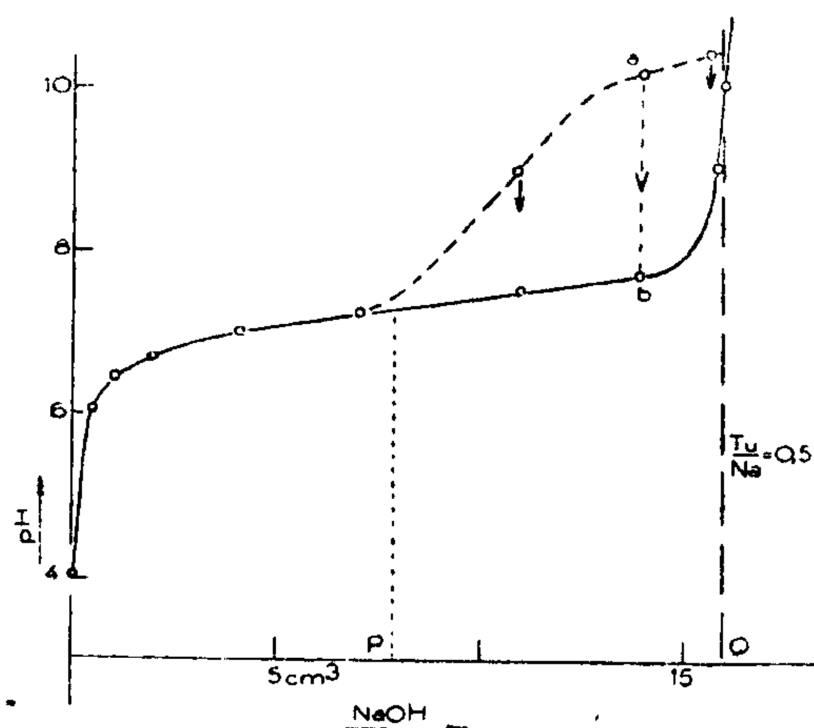


Fig. 1.

L'anomalie de pH commence à apparaître au voisinage de l'addition de 1 mol/g NaOH pour 1 mol/g TuO_3, soit la moitié de la quantité équivalente à l'acide mis en œuvre, pour le tungstate TuO_4Na_2.

Ces faits indiquent la suite de quatre phénomènes :

1. *Neutralisation* de la moitié de l'acide tungstique avec formation du tungstate neutre :

$$TuO_4H_2 + 2\,NaOH \rightarrow TuO_4Na_2 + 2\,H_2O.$$

2. *Réaction* du monotungstate sur l'acide tungstique restant, avec formation du bitungstate :

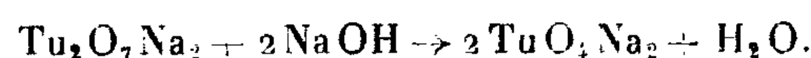
$$TuO_4H_2 + TuO_4Na_2 \rightarrow Tu_2O_7Na_2 + H_2O.$$

3. *Hydrolyse* du bitungstate, avec précipitation de l'acide :

$$Tu_2O_7Na_2 + 2\,H(OH) \rightarrow Tu_2O_7H_2 + 2\,NaOH.$$

L'élévation temporaire du pH est due à la rapidité de l'hydrolyse comparée à la lenteur de la réaction inverse;

4. *Transformation* du bitungstate en tungstate par action de la soude; la courbe présente alors un saut de pH pour le rapport $TuO_3/Na_2O = 1$, ou $Tu/Na = 0,5$:



$$Tu_2O_7Na_2 + 2\,NaOH \rightarrow 2\,TuO_4Na_2 + H_2O.$$

III. Le bitungstate $Tu_2O_7Na_2$ est caractérisé par une cassure nette de la courbe traduisant la variation de l'abaissement cryoscopique d'une solution suffisamment concentrée de tétratungstate (0,2 TuO_3/l), composé soluble le plus acide, $TuO_3/Na_2O = 4$, additionné de soude.

IV. L'existence de l'acide bitungstique est confirmée par la mise en évidence de son persel lors de l'addition d'une solution de soude N/2 à une suspension aqueuse d'acide tungstique TuO_4H_2 en présence de perhydrol dilué. La courbe

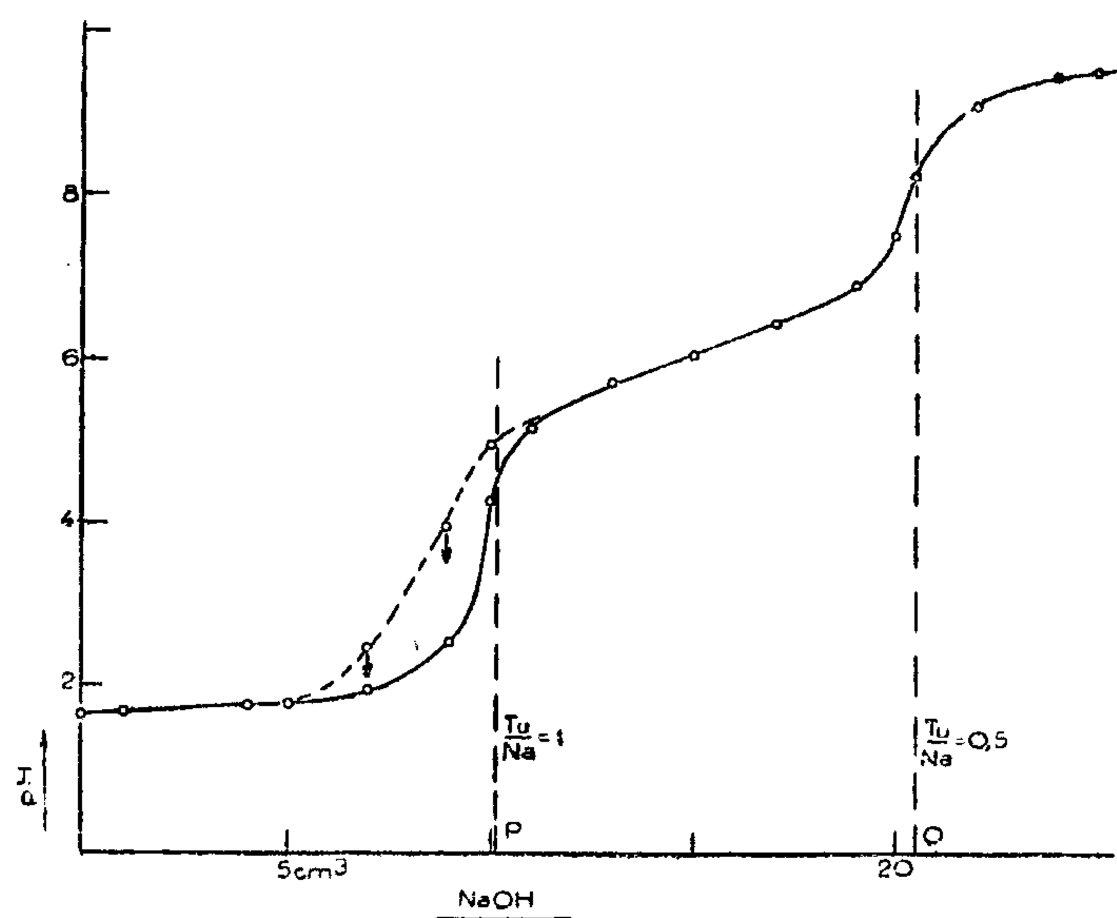


Fig. 2.

des pH (*fig.* 2) montre ici un point d'inflexion pour le rapport atomique $Tu/Na = 1$, qui n'apparaît pas avec l'acide tungstique.

Le perbitungstate est formé par réaction de l'acide permono tungstique sur son sel, analogie avec le bitungstate.

L'acide perbitungstique apparaît comme plus fort que l'acide bitungstique puisque son sel est indiqué (point P).

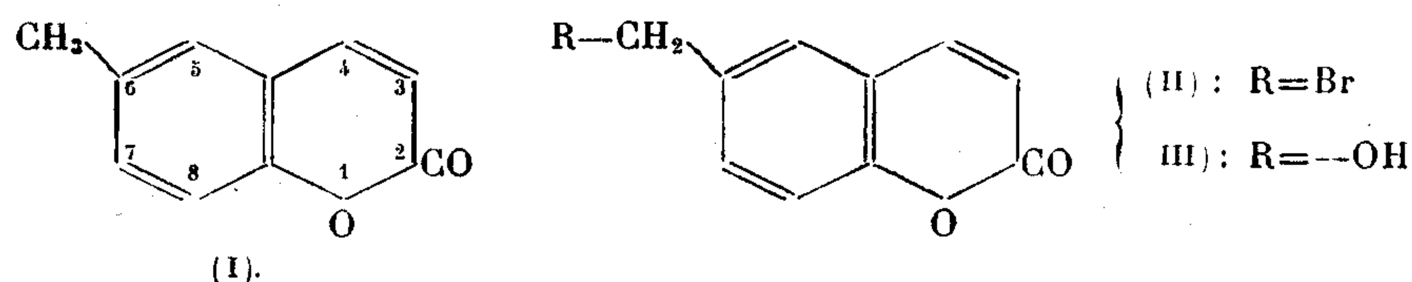
En résumé, l'hémihydrate TuO_3, $1/2\,H_2O$ a été mis en évidence et isolé de plusieurs manières. C'est un acide faible : $Tu_2O_7H_2$, dont l'acidité est renforcée comme peracide. Sa formation rappelle celle de l'acide bichromique. Seul apparaît son sel neutre $Tu_2O_7Na_2$. Le bitungstate d'ammonium est complètement hydrolysé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la* N-*bromosuccinimide sur des homologues de la coumarine*. Note de MM. **Jean Lecocq** et **Buu-Hoï**.

Au cours de ces dernières années, il a pu être montré que l'action des N-bromoamides sur les homologues du naphtalène permet d'accéder aisément à des dérivés bromés dans la chaîne latérale (¹). En particulier, les méthyl-naphtalènes sont ainsi convertis en bromométhyl-naphtalènes, et les diméthyl-naphtalènes fournissent des dérivés monobromés. Comme le toluène ne se laisse attaquer que très difficilement par les mêmes réactifs, on doit en conclure que les liaisons naphtaléniques avoisinant les radicaux alcooliques présentent un caractère *allylique* bien plus prononcé que ne le sont les doubles liaisons benzéniques.

L'idée vient alors d'étudier l'action des N-bromoamides sur des substances bicycliques que leur caractère aromatique rapproche plus ou moins des dérivés naphtaléniques. A ce point de vue, un noyau intéressant est celui de la coumarine, dont on savait déjà qu'il possède quelques analogies avec le naphtalène; en particulier, les propriétés magnétiques de la coumarine s'expliqueraient au mieux lorsqu'on assimile le cycle α-pyrone à un cycle aromatique (²).

Nous avons donc fait réagir la N-bromosuccinimide sur plusieurs homologues mono- et diméthylés de la coumarine, selon la technique de substitution que nous utilisons habituellement pour bromer les alcoylnaphtalènes. Dans ces conditions, la méthyl-6 coumarine (I) a fourni très facilement et avec de bons rendements un dérivé mono substitué dans la molécule duquel le brome est fixé sur le groupement méthyle. En effet, ce produit, qui fond vers 148-149°, attaque les muqueuses et s'hydrolyse sous l'action de l'eau bouillante en un



alcool fondant à 150°. Cette dernière substance n'est autre que l'hydroxy-méthyl-6 coumarine (III) déjà préparée auparavant par Stœrmer et Œtker (³) en partant de l'aldéhyde hydroxyméthyl-5 salicylique. Ainsi, le produit de bromuration de la méthyl-6 coumarine est la bromométhyl-6 coumarine (II), et cette réaction est parallèle à la bromuration du β-méthylnaphtalène.

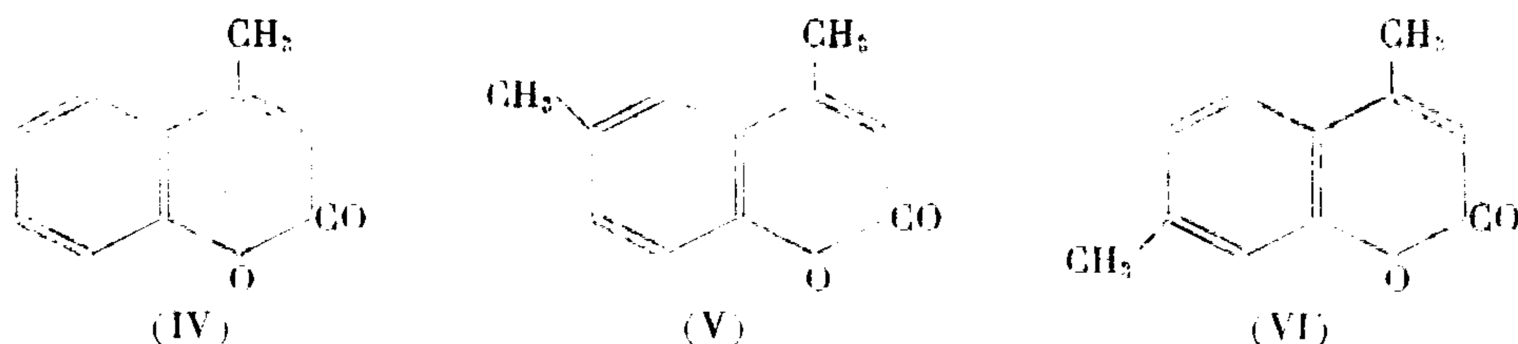
En ce qui concerne maintenant le comportement des coumarines méthylées sur le cycle pyronique, nous avons essayé sans succès de bromer de la même

(¹) Buu-Hoï et J. Lecocq, *J. Chem. Soc.*, 1946, p. 830.

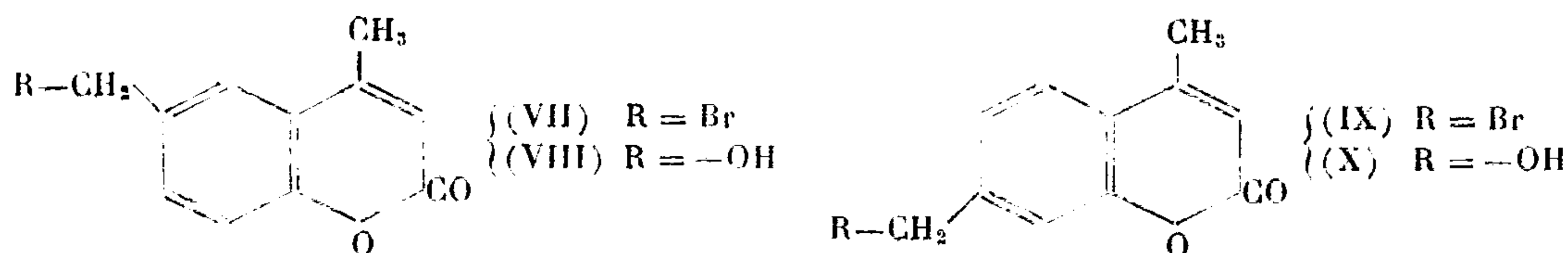
(²) A. Pacault, Thèse de Doctorat ès sciences, Paris, 1946.

(³) *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 37, 1904, p. 195.

manière la méthyl-4 coumarine (IV). Cet échec trouve son équivalent dans l'observation récemment faite par Mentzer et Molho ([4]) que la méthyl-4 méthoxy-7 coumarine ne donne avec la bromosuccinimide que le dérivé



3-bromé. La comparaison entre la réactivité de la méthyl-6 coumarine et l'inertie de la méthyl-4 coumarine conduisait naturellement à penser que les diméthylcoumarines dans la molécule desquelles un des méthyles est fixé sur le cycle benzénique et l'autre en position 4 sur le noyau pyrone, doivent se bromer sur le premier de ces deux méthyles. Notre hypothèse s'est trouvée justifiée par l'examen du comportement vis-à-vis de la bromosuccinimide, de la diméthyl-4.6 coumarine (V) et de la diméthyl-4.7 coumarine (VI). Ces substances sont assimilables à des diméthylnaphtalènes et, tout comme ces derniers, se laissent monosubstituer aisément. Dans le premier cas, on aboutit



à la méthyl-4 bromométhyl-6 coumarine (VII), fondant à 178-180°; cette substance irrite l'épiderme et s'hydrolyse sous l'action de l'eau bouillante légèrement alcaline en un alcool fondant à 172-174°.

Comme elle est différente de la méthyl-6 bromométhyl-4 coumarine déjà connue auparavant ([5]), elle répond forcément à la constitution (VII), et l'alcool qui en dérive est alors la méthyl-4 hydroxyméthyl-6 coumarine (VIII). D'une façon analogue, la diméthyl-4.7 coumarine a engendré la méthyl-4 bromométhyl-7 coumarine (IX) fondant à 196°, et différente de la méthyl-7 bromométhyl-4 coumarine déjà obtenue auparavant au moyen d'une autre méthode. L'hydrolyse du composé bromé (IX) a conduit également à un carbinol, la méthyl-4 hydroxyméthyl-7 coumarine (X) fondant à 151°.

Dans l'action de la N-bromosuccinimide sur les diverses coumarines citées plus haut, nous n'avons jamais observé de traces de substitution nucléaire en *para* ou en *ortho* par rapport à l'oxygène α-pyronique. Or, il est connu ([6]) que

---

([4]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1141.

([5]) B. Dey et K. Radhabai, *J. Indian Chem. Soc.*, **11**, 1934, p. 635.

([6]) Voir *Liebig's Annalen*, 556, 1944, p. 1.

les esters du phénol (tels que l'acétate de phényle $C_6H_5-OCO-CH_3$) se broment dans les mêmes conditions avec vigueur en *para* et en *ortho*. L'anneau pyronique chez la coumarine n'a donc pas simplement le caractère d'une lactone, mais possède également une certaine aromaticité. On comprend ainsi que son adjonction à un cycle benzénique puisse avoir pour effet d'exalter le caractère *allylique* des doubles liaisons de ce dernier au voisinage d'un groupement méthyle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les produits d'hydrogénation catalytique, par le nickel Raney, de l'aldéhyde α-méthyl-para-isopropyl-hydrocinnamique.* Note de MM. **Léon Palfray** (†), **Sébastien Sabetay** et **René Reynaud**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'aldéhyde α-méthyl-para-isopropyl-hydrocinnamique, liquide à odeur de cyclamen, n'est décrit que brièvement dans les Mémoires scientifiques. Il est préparé dans l'industrie d'après deux procédés brevetés : condensation de l'aldéhyde cuminique avec le propanal suivie d'hydrogénation de l'aldéhyde α-méthyl-para-isopropyl-cinnamique pour saturer la double liaison; action du chlorure de cuminyle sur le méthylmalonate d'éthyle sodé; saponification et décarboxylation de l'ester obtenu, puis conversion de l'acide α-méthyl-para-isopropyl-hydrocinnamique en aldéhyde, par réduction catalytique au moyen d'acide formique.

Hydrogénation à basse température. — Nous avons hydrogéné l'aldéhyde ci-dessus avec l'appareil Palfray, à 90°, sous une pression initiale de 60^{atm}, en présence de nickel Raney. Au début, l'aldéhyde absorbe rapidement l'hydrogène; au bout de trois heures, la pression ne décroît plus sensiblement. Le fractionnement du produit hydrogéné montre qu'il est pour la plus grande partie constitué par un seul corps, de constantes E_{14} 150-152°, n_D^{15} 1,5126, d_4^{16} 0,951, R_D tr. 60,64, calc. pour $C_{13}H_{20}O$: 60,16. Son *phényluréthane* fond à 65-66° (alc. aq.). Son oxydation par le mélange chromique conduit à l'aldéhyde cyclamen de départ (identifié par le point de fusion de sa semicarbazone et par fusion mixte). L'analyse de C et H conduit à la formule $C_{13}H_{20}O$. Il s'agit donc de l'*alcool α-méthyl-para-isopropyl-hydrocinnamique*. A notre connaissance, cet alcool n'a pas été décrit.

Nous avons préparé, par les méthodes classiques, quelques dérivés de cet alcool (esters, éthers-oxydes).

Le méthanoate a été obtenu par action à froid de l'anhydride acétoformique; l'éthanoate a été préparé par la méthode catalytique rapide (action de l'anhydride acétique et d'une goutte d'acide sulfurique). Les autres esters ont été préparés par action des chlorures d'acide sur l'alcool en présence de pyridine.

	Formule brute.	n_D.	d.	E (°).	R_D tr.	R_D calc.	I. S. tr.	I. S. calc.
Méthanoate	$C_{14}H_{20}O_2$..	$n_D^{19,5}$ 1,4962	$d_4^{16,6}$ 0,984	$E_{13,5}$ 144-146	65,5	64,91	249,4	255
Ethanoate	$C_{15}H_{22}O_2$..	n_D^{19} 1,4910	d_4^{19} 0,965	E_{13} 154	70,24	69,52	243,8	240
Propanoate	$C_{16}H_{24}O_2$..	n_D^{19} 1,4888	d_4^{18} 0,959	E_{13} 162-163	74,75	74,14	224,6	226,2
Butanoate	$C_{17}H_{26}O_2$..	n_D^{19} 1,4866	$d_4^{17,3}$ 0,948	E_{14} 174-176	79,57	78,76	216,8	214,1
Isobutanoate	$C_{17}H_{26}O_2$..	$n_D^{16,5}$ 1,4866	d_4^{14} 0,952	E_{13} 167-167,5	79,35	78,76	215,5	214,1
Isovalérianate	$C_{18}H_{28}O_2$..	n_D^{21} 1,4830	d_4^{17} 0,940	$E_{13,5}$ 176-177	84,18	83,38	210,4	203,1

Halogénures. — Le *chlorure* a été préparé par action du chlorure de thionyle en présence de pyridine. Ses constantes sont : $n_D^{17,5}$ 1,5102, d_4^{15} 0,986, $E_{13,4}$ 135-136°; R_D tr. 64,04, R_D calc. pour $C_{13}H_{19}Cl$: 63,50. Analyse (Sabetay-Bleger) : Cl % tr. 16,46, calc. 16,86.

Le *bromure* et l'*iodure* ont été obtenus par action de l'halogène sur l'alcool contenant du phosphore en suspension.

Bromure. — $n_D^{12,6}$ 1,5296, d_4^{14} 1,176, E_{12} 143-145°; R_D tr. 66,86, R_D calc. pour $C_{13}H_{19}Br$: 66,40. Analyse : Br % tr. 14,01, calc. 13,92.

Iodure. — $n_D^{12,5}$ 1,5555, d_4^{16} 1,348, E_{13} 161-162°; R_D tr. 71,78, R_D calc. 71,43. Analyse : I % tr. 41,92, calc. 42,04.

Éthers-oxydes. — L'éther-oxyde méthylique a été préparé par action de l'oxyde d'argent et de l'iodure de méthyle sur l'alcool. Dosage de OCH_3 (Zeisel) : OCH_3 % tr. 15,17, calc. 15,05.

Les éthers-oxydes supérieurs ont été préparés par action des magnésiens $IMgCH_3$, $IMgC_2H_5$, $BrMgC_3H_7$, $BrMgC_4H_9$ sur la chlorométhyline de l'alcool; celle-ci s'obtient avec un très bon rendement par action du gaz chlorhydrique sec sur l'alcool refroidi contenant en suspension du trioxyméthylène. Ses constantes sont : $n_D^{15,6}$ 1,5070, d_4^{19} 1,022, E_{13} 160-161°, R_D tr. 69,86, R_D calc. 69,76. Dosage du Cl : % tr. 15,1, calc. pour $C_{14}H_{21}OCl$: 15,3.

	n_D.	d.	E (°).	R_D^{tr}.	R_D^{calc}.
Ether méthylique.....	n_D^{13} = 1,4920	d_4^{15} = 0,910	E_{13} = 127-128	65,53	64,89
» éthylique.......	$n_D^{12,5}$ = 1,4890	d_4^{18} = 0,901	E_{13} = 135-136	70,25	69,51
» *n*-propylique...	n_D^{12} = 1,4880	d_4^{16} = 0,896	E_{12} = 143-144	75,00	74,13
» *n*-butylique....	n_D^{15} = 1,4848	d_4^{16} = 0,892	E_{13} = 157-159	79,63	78,75
» *n*-pentylique....	n_D^{12} = 1,4845	d_4^{16} = 0,892	E_{12} = 167-168	83,73	83,37

Comme il fallait s'y attendre, l'hydrogénation de la fonction aldéhyde a notablement affaibli l'odeur de l'alcool $C_{13}H_{20}O$ et de ses esters.

Hydrogénation à haute température. — Si l'on effectue l'hydrogénation de l'aldéhyde cyclamen à 195°, sous une pression de 120 atmosphères, en présence de nickel Raney, on obtient deux fractions principales :

1° $E_{12,5}$ = 100-101°, n_D^{12} = 1,4690, d_4^{16} = 0,838; R_D tr. 60,36 R_D calc. pour $C_{13}H_{26}$: 60,03.

Ces constantes définissent un carbure cyclanique : le *para*-isopropyl-isobutyl-

cyclohexane qui, à notre connaissance, n'a pas encore été décrit.

2° $E_{15-16} = 152\text{-}154°$, $n_D^{13,9} = 1{,}4821$, $d_4^{13,9} = 0{,}917$;
R_D tr. 61,65, R_D calc. pour $C_{13}H_{26}O$: 61,56.

Analyse : acétylation pyridinée, tr. 103 % en alcool $C_{13}H_{26}O$. C'est probablement l'alcool hydrogéné dans le noyau.

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie des vallées de Mollières et de Castiglione (Chastillon), Massif de l'Argentera-Mercantour.* Note de M^lle **Anne Faure-Muret**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans toute la partie française du massif de l'Argentera-Mercantour, le Permien, lorsqu'il existe, repose, transgressif et non métamorphique, sur les terrains anciens. Hors de France, par contre, la Feuille *Demonte* de la Carte italienne au 1/100 000, partiellement reproduite par la Feuille française *Grand-Saint-Bernard-Nice* au 1/320 000, indique, entre le granit de l'Argentera et la vallée de la Tinée, une zone de Permien métamorphique allongée du Col de Fer à la Punta Barnon.

Cette contradiction appelait depuis longtemps une vérification. Faisant en prévision de la campagne de 1947 une reconnaissance de la portion du massif qui, jadis italienne, devient française, j'ai pu, bien que gênée par la large diffusion des champs de mines, explorer en partie les vallées de Mollières et de Castiglione.

Dans celle de Mollières, on voit les gneiss œillés du Caire Frémus s'écraser progressivement et se transformer en *pseudo-phyllades* dans le vallon de la Valletta. Ce sont ces phyllades qui ont été attribuées au Permien par les auteurs italiens (1).

La zone d'écrasement se poursuit vers le Nord-Ouest entre les Testas de Pignal et de Pelvos, où elle forme une dépression marquée par le Col de la Valletta. Elle provoque ensuite le vallon de Verpas, coupe obliquement la vallée de Castiglione au Nord-Est du verrou glaciaire fortifié de Ciastellar (cote 1747) et passe dans la région de Santa Anna, pour se prolonger apparemment plus loin vers le Nord-Ouest. Elle ne montre jamais que des roches cristallines écrasées.

Dans le versant Nord de la vallée de Castiglione, au Sud-Ouest de la zone d'écrasement et indépendamment d'elle, j'ai, par contre, découvert un profond synclinal pincé de Trias où l'on identifie, en contact direct avec des gneiss œillés : le Werfénien inférieur (25^m), le Werfénien supé-

(1) F. Sacco, *Mem. Reale Acc. Sc. Torino*, 2e série, **61**, 1911, pp. 462-515; A. Roccati, *Bull. Club Alpino Italiano*, **42**, n° 75, 1925, p. 189.

rieur (6^{m}), puis des dolomies et des calcaires en plaquettes du Muschelkalk (15 à 20^{m}), le cœur du pli étant formé de cargneules.

Cet accident est orienté environ Ouest 20° Nord. Dans ses parties basses son plan axial est incliné à 70° au Nord. Mais dans les parties hautes, le gneiss de son flanc septentrional tend à se coucher vers le Sud; selon les points, il repose en biseau sur le Werfénien ou le Muschelkalk. Plus au Nord-Ouest, le chevauchement s'accentue; il a été suivi jusqu'au versant Sud du vallon de Lausfer où son ampleur visible est de l'ordre de 500^{m}.

Le pli de Trias est oblique par rapport à la zone d'écrasement qu'il paraît couper. Son prolongement à l'Est du verrou glaciaire de Ciastellar n'a pu être étudié, mais une série d'anciens fours à chaux existant au versant Sud de la vallée de Castiglione, entre ce point et la vacherie inférieure de Castiglione, paraît y jalonner le passage, sous les éboulis, de la bande de Muschelkalk calcaire.

En attendant des observations plus détaillées, on retiendra ici deux conclusions essentielles et nouvelles :

1° Il n'existe pas de zone de Permien métamorphique dans ces parages, mais bien une zone d'écrasement affectant le seul cristallin en direction Nord 55° Ouest.

On sait d'autre part que le métamorphisme est antéstéphanien dans ce massif, puisque du Stéphanien à plantes [2] transgressif, non métamorphique, a été découvert 22^{km} au Sud-Est de la région étudiée.

L'écrasement des gneiss s'est produit très vraisemblablement avant le Trias; il doit donc remonter à l'une des phases orogéniques paléozoïques.

2° Contrairement à ce que l'on croyait, l'orogénie alpine a profondément marqué son empreinte dans le vieux massif cristallin, non seulement par la formation de petits coins synclinaux aux abords de la vallée de la Tinée [3], mais par un synclinal plus puissant coinçant, dans une région plus interne, le Trias en plein cœur du cristallin de l'Argentera-Mercantour.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *La stratigraphie du quaternaire de la terrasse du Moulin Quignon.* Note de MM. **Henri Breuil**, **Léon Aufrère** et M^{me} **Alice Bowler-Kelley**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Dans une Note présentée à la séance du 10 mars 1946, nous avons décrit les dispositions qui ont été imposées au quaternaire par la karstification de la craie et qui permettent de retrouver les dispositions originelles et de mieux se reconnaître dans la stratigraphie.

---

(2) P. Corsin et A. Faure-Muret, *Comptes rendus sommaires Soc. Géol. France*, 1946, p. 246.

(3) A. Faure-Muret, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 205.

I. La série la plus ancienne repose sur l'ancien lit rocheux. Elle comprend :

1. Une *prêle de base*, formée de gros blocs de craie plus ou moins arrondis, de craie plus ou moins écrasée et quelque peu reconsolidée, de rognons de silex à peu près intacts et de quelques galets usés ou émoussés que M. l'abbé Breuil attribue à des vagues de rias. Tous ces éléments hétérogènes et non calibrés ont été amenés dans la rivière par la solifluxion. Cette masse paraît se dédoubler par l'intercalation d'une couche mince de menus galets de silex.

2. Un filet de *sable quartzeux* provenant, directement ou indirectement, des couches éocènes comme tous les sables quartzeux qu'on trouve dans le quaternaire de notre vallée.

3. Une couche mince de *sable quartzeux*, légèrement ocreux, *emballant de tout petits éclats de silex blancs*, débités par la gelée et provenant d'un ancien sol.

4. *Rognons de silex emballés par des sables un peu gras*, manganésifères, gris ou noirs, provenant vraisemblablement de la solifluxion de l'argile à silex délavée et mêlée à des sables éocènes.

5. *Graviers gris*. — *a*. Gros silex émoussés par les vagues (H. Breuil) et emballés dans du sable gris ou blanc; *b*. graviers secs, croulants; *c*. graviers un peu gras.

6. *Graviers roux*. — *a*. Graviers de silex à facettes grises, emballés dans des sables ocreux; *b*. graviers très secs, croulants, formés d'esquilles et de galets patinés de roux; *c*. graviers roux, avec gros silex brisés et émoussés, à facettes grises et gangue ocreuse.

En somme, on se trouve, à la base, en présence d'un matériel soliflué presque intact et, comme dans la carrière Carpentier, à mesure qu'on s'élève dans la série, les actions mécaniques, littorales (H. Breuil) et fluviatiles, s'accusent progressivement par un triage qui reste d'ailleurs imparfait jusque dans les couches supérieures. Cette solifluxion est la plus ancienne que l'on ait observée dans la contrée, et M. l'abbé Breuil pense qu'on pourrait peut-être la synchroniser avec la glaciation gunzienne.

II. La série suivante comprend la *Marne* des auteurs. C'est un sable quartzeux, blanc, un peu argileux, semé de dragées calcaires, déposé dans une eau claire, chaude et tranquille. Fortement raviné par les couches sus-jacentes, il est ici réduit à un lambeau peu étendu. La base est chargée de cailloux empruntés au sommet de la couche sous-jacente. La faune qu'elle fournit habituellement permet de la situer dans un interglaciaire, peut-être Gunz-Mindel d'après H. Breuil.

III. Cette série repose, tantôt sur la seconde, tantôt sur la première quand la seconde a été enlevée dans sa totalité. Le fond du lit est revenu au même niveau qu'au début de la série précédente par suite d'un mouve-

ment vertical du niveau de base ou d'un déplacement latéral de la rivière. Elle comprend :

1. *Alternance de bandes sableuses*, plus ou moins ocreuses. A la base, quelques lits très minces de sable formé de granules de silex. Au-dessus, on a recueilli un éclat *clactonien.*

2. *Alternance de bandes sableuses* blanches avec quelques bandes ocreuses ou verdâtres, un peu argileuses, se chargeant, les unes et les autres, de gros silex représentant soit des cailloux de plage (H. Breuil), soit des galets fluviatiles anciens.

3. *Sables blancs*, stratifiés avec quelques minces filets ocreux.

4. *Bandes sableuses et sablo-argileuses*, verdâtres ou ocreuses, alternantes, avec des points noirs. Au sommet, couches de sables verts, puis ocreux, avec des éclats à patine blanche et de gros cailloux concassés par le mouvement des vagues (H. Breuil).

5 *a* et 5 *c*. *Sables blancs* stratifiés avec bandes ocreuses et point noirs enveloppant une lentille de cailloux (5 *b*).

6-7. *Couches de cailloux et d'éclats non calibrés et emballés dans du sable argileux*, présentant les caractères d'un dépôt soliflué qui pourrait, d'après H. Breuil, se placer au Mindelien.

8. *Cailloutis esquilleux* dans du sable jaune.

IV. *Série essentiellement limoneuse*, comprenant :

1 et 2. *Sable glaiseux* bien stratifié, blanc, passant à une *glaise sableuse* verdâtre, représentant l'un et l'autre une formation palustre avec limon de débordement. Le sommet de la glaise est une ligne violette formant un excellent repère stratigraphique.

3. *Sable jaune*, stratifié, peut-être lœss rissien (H. Breuil).

4 et 5. *Sable rouge* semé d'éclats au sommet (lœhm).

6. *Cailloutis d'éclats de silex à patine blanche* dans un limon rouge sableux (cailloutis de base du lœss récent).

7. *Limon gris* semé d'éclats à patine blanche.

Remanié par les hommes, le sommet de la coupe n'a pas été pris en considération. Les limons récents y sont d'ailleurs très réduits et le lœss ancien lui-même semble n'être représenté que par un faciès très spécial.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le cours de la synthèse nicotinique dans la germination.* Note (¹) de M[lle] **Thérèse Terroine** et M[me] **Jacqueline Desveaux-Chabrol**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Les variations des vitamines B au cours de la germination des légumineuses ont intéressé plusieurs chercheurs américains orientés vers les questions d'ali-

---

(¹) Séance du 17 mars 1947.

mentation. Ils ont trouvé que les membres du groupe B2 (riboflavine, acide nicotinique, pyridoxine, surtout) s'accroissent très rapidement dès le début de la germination, alors que la thiamine reste à peu près stationnaire ou même décroît. Les divers types de légumineuses présentent d'ailleurs un certain parallélisme dans leur possibilité de synthèse. Mais ces recherches s'adressent à l'ensemble de la graine et, faites dans un but pratique, ne posent pas le problème de la capacité de synthèse de ses différentes parties. C'est cet aspect de la question qui a retenu notre attention.

Il nous a paru intéressant de chercher la localisation de cette synthèse et pour cela de comparer les variations de l'acide nicotinique dans la germination normale, dans la plantule isolée se développant sur milieu synthétique, dans les cotylédons placés dans les conditions requises pour la germination.

Nous avons poursuivi ce travail sur *Phaseolus Multiflorus*, utilisant la technique de dosage microbiologique de Snell et Strong, modifiée par Barton-Wright (*Lactobacillus Arabinosus*, 17-5).

I. *Répartition de l'acide nicotinique dans la graine à l'état de vie latente.* — La concentration d'acide nicotinique (exprimée en γ/g) y est répartie comme suit : germe, 40γ; cotylédons, 28γ; cuticule, 7γ. Étant donnée la grosse différence de masse entre germe et cotylédons, ce sont ces derniers qui monopolisent dans un haricot entier la presque totalité de l'acide nicotinique, soit 96 %.

2. *Germination normale* ([2]). — Dans la plantule le taux de l'acide nicotinique s'accroît avec ampleur et régularité, comme le montrent les chiffres suivants (par unité) : 0,3γ au départ; 1γ pour une plantule de 1^{cm}; 6γ pour une plantule de 5^{cm}; 13γ pour une plantule de 11^{cm}.

Dans les cotylédons l'évolution simultanée de l'acide nicotinique est différente : il y a d'abord (24 heures de germination) disparition de près de la moitié de l'acide nicotinique, sans hausse compensatrice dans la plantule. Ce fait avait déjà été signalé sur la graine entière.

Puis succède une élévation régulière de l'acide nicotinique, lequel fait plus que tripler (38 à 130γ par unité), quand la plantule atteint 5^{cm}. Passé ce maximum, les cotylédons se vident à nouveau progressivement de leur acide nicotinique et retombent à l'état initial lorsque la plantule a 15^{cm}.

Les observations poursuivies à l'obscurité et à la lumière sont tout à fait comparables.

3. *Plantules isolées.* — Ensemencées sur milieu synthétique très simple (glucose, nitrate de potassium, sulfate de magnésium, chlorure de calcium,

---

([2]) A l'exception des déterminations relatives au paragraphe 1, la teneur en acide nicotinique est toujours ramenée à l'unité.

sulfate ferreux), les plantules, tout en se développant, synthétisent indubitablement l'acide nicotinique. Mais, pour certaine qu'elle soit, l'opération est quantitativement d'ampleur limitée : quand la plantule a 5^{cm}, elle ne renferme que $1,5\gamma$ environ d'acide nicotinique, ce qui est médiocre en regard des 5 à 6γ rencontrés dans une plantule de même taille munie de ses cotylédons.

La synthèse est également qualitativement différente. A l'obscurité la plantule peut doubler de taille, passant de 5 à 10^{cm}, l'acide nicotinique se fixe à une valeur stationnaire de $1,2\gamma$ environ. A la lumière, au contraire, après un plateau, il y a un nouvel essor de la synthèse nicotinique qui semble correspondre au développement des feuilles vertes : le taux qui est de $1,3\gamma$ pour 7^{cm} s'élève à 3γ pour 12^{cm}; ceci permet de penser que la synthèse nicotinique est favorisée par l'assimilation chlorophyllienne et, par là-même, par la richesse en glucides. Quand, en effet, nous doublons la concentration alimentaire du milieu de culture, nous provoquons également une augmentation très notable de la synthèse nicotinique.

4. *Graines dégermées hydratées.* — Alors même qu'au bout de 14 heures l'imbibition passe de 0 à 160 p. 100 environ, à l'obscurité comme à la lumière, et que les oxydations atteignent dans ce même laps de temps un taux élevé dans la graine entière, la teneur en acide nicotinique des cotylédons dégermés n'en demeure pas moins la même que dans la graine à l'état de vie latente. Les cotylédons seuls sont donc incapables d'effectuer la synthèse de l'acide nicotinique.

En possession de tous ces faits, il reste à comprendre l'enrichissement certain, quoique momentané, de la teneur en acide nicotinique des cotylédons lors de la germination normale. Deux explications qu'il faudrait soumettre à l'expérimentation apparaissent : ou bien le germe effectue la synthèse dans des proportions qui dépassent ses besoins immédiats; l'excédent d'acide nicotinique est alors momentanément entreposé dans les cotylédons pour repasser dans la plantule dès que la nécessité s'en fait sentir; ou bien les cotylédons, qui seuls ne savent pas fabriquer l'acide nicotinique, le peuvent en présence de la plantule. Il y aurait là un véritable phénomène *d'induction*, peut-être de nature enzymatique. Le retour de la teneur en acide nicotinique à sa valeur initiale pourrait s'expliquer, soit par un transit intense de la vitamine des cotylédons vers la plantule, soit par une réduction dans la puissance de ce processus d'induction, soit de ces deux façons simultanées.

Comme on peut le déduire des faits précédents, les plantules de Haricot ont seules la faculté de synthétiser l'acide nicotinique. Elles savent le faire aux dépens d'un matériel très simple. Si elles l'effectuent avec beaucoup plus d'ampleur quand elles sont pouvues de leurs cotylédons, c'est qu'elles y puisent un ou des précurseurs dont les prive le milieu de culture artificiel et dont nous recherchons la nature.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de l'acide salifiant l'ammoniaque sur les qualités nutritives et toxiques des sels ammoniacaux dans le cas de* Pseudomonas æruginosa. Note de Mlle **Suzanne Lambin** et M. **René César**, présentée par M. René Souèges.

Les travaux de J. Régnier ([1]) ont mis en évidence l'influence qu'exerce l'acide salifiant diverses bases sur leur pouvoir de pénétration dans la cellule vivante, animale ou végétale. Les essais présentés dans cette Note font suite à ceux précédemment rapportés ici-même par J. Régnier, l'un de nous et R. Dubost ([2]). Ils ont été effectués en vue de rechercher l'influence qu'exerce l'acide salifiant l'ammoniaque sur la valeur nutritive de cette substance pour la cellule bactérienne.

Le Bacille pyocyanique a été mis en expérience. Il a été cultivé dans un milieu synthétique de pH initial constant (pH 6,8), contenant comme seule source d'azote des quantités fixes d'ammoniaque, salifiées par l'acide mis en expérience. (Quatre concentrations croissantes d'ammoniaque ont été utilisées : $0^g,085$, $0^g,17$, $0^g,425$, $0^g,850$ $^0/_{00}$). Après 48 heures de culture à + 37° C., le développement microbien était estimé simultanément par dénombrement des Bactéries (technique de Wright-Fries) et par mesures opacimétriques. Le degré de pigmentation des cultures était, également, estimé par mesures colorimétriques. Les différents acides utilisés pour salifier l'ammoniaque étaient des acides minéraux (acides chlorhydrique, nitrique, sulfocyanique) et des acides organiques. Parmi ceux-ci figuraient : *a.* des acides pourvus de fonctions polaires supplémentaires : COOH ou OH alcoolique (acides succinique et isosuccinique, tartrique, gluconique, citrique); *b.* des acides dépourvus de fonctions polaires supplémentaires, à chaîne droite ou ramifiée, soit aliphatiques (acides acétique, propionique, butyrique, valérique, caproïque, isobutyrique, méthyléthylacétique, diéthylacétique, isovalérique, isocaproïque), soit aliphatiques cycliques (acides benzoïque, phénylacétique, phénylpropionique, phénylbutyrique, phénylvalérique, phénylbutylacétique, phénylcaproïque).

Ces essais nous ont permis de constater les faits suivants : 1° les sels ammoniacaux d'acides minéraux se sont montrés incapables d'assurer la nutrition du Bacille pyocyanique en l'absence de toute autre source de carbone. — 2° Les sels des acides organiques aliphatiques pourvus de fonctions polaires supplémentaires se sont comportés, aux doses utilisées, comme de bons aliments (notamment le gluconate, encore très favorable à la concentration de $10^g,60$ pour 1000^{cm^3} de milieu). — 3° Par contre,

---

([1]) J. Régnier et Coll., *C. R. Soc. Biol.*, 1935, 1936, 1937, 1939, 1943.

([2]) J. Régnier, S. Lambin et R. Dubost, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 465.

les sels d'acides alicycliques ont été, à l'exception du benzoate utilisé à faible concentration ($0^g,60$ à $1^g,30$ °/₀₀), nettement inhibiteurs de la poussée. — 4° Les sels d'acides organiques aliphatiques à chaîne linéaire, ne possédant pas de groupements polaires supplémentaires, ont été de très bons aliments pour le Bacille, d'autant plus que leur chaîne carbonée était plus longue (caproate > butyrate > propionate > acétate). Ceci s'oppose nettement aux résultats antérieurement obtenus avec deux Aspergillacées (²). — 5° D'une façon générale, les sels d'acides à chaîne ramifiée se sont montrés beaucoup plus toxiques que leurs isomères à chaîne linéaire (l'isocaproate, par exemple, inhibait la culture à la concentration de $0^g,66$ °/₀₀, tandis que le caproate ne manifestait aucune action toxique à celle de $6^g,65$ °/₀₀). — 6° La pigmentation développée dans les cultures a suivi, dans l'ensemble, une marche parallèle au développement des germes. Elle a toutefois été inhibée par deux sels à fonction alcool supplémentaire, le tartrate monobasique et le gluconate. — 7° L'action des différents sels étudiés s'est montrée sans rapport avec le pH des milieux.

Des essais parallèles effectués en cultivant, à + 34° C., l'*Aspergillus niger* dans un milieu synthétique de constitution voisine de celle du milieu de Czapeck, nous ont permis de confirmer les conclusions antérieurement établies (²).

Conclusion. — Les sels ammoniacaux des acides gras à chaîne linéaire dépourvus de fonctions polaires conviennent particulièrement au développement de *Pseudomonas æruginosa*, alors qu'ils se montrent peu favorables au développement de l'*Aspergillus niger*. Celui-ci utilise au contraire, de préférence, les sels d'acides gras, à chaîne linéaire pourvus de ces groupements. Peut-être faut-il attribuer cette divergence dans le comportement des deux microorganismes à une différence de structure colloïdo-chimique, et notamment à une différence dans l'état d'hydratation de la cellule bactérienne et de la moisissure ? Il est également intéressant de noter que l'*arborisation* de la chaîne augmente fortement les propriétés toxiques des différents acides, aussi bien vis-à-vis de la Bactérie que vis-à-vis de la moisissure.

MYCOLOGIE. — *Absence de boucles et noyaux chez les* Tricholoma, *notamment dans leur mycélium en culture.* Note de M. **Robert Kühner**, présentée par M. Joseph Magrou.

A l'occasion d'un dénombrement du genre *Tricholoma*, nous avons signalé (¹) que les Tricholomes les plus typiques ont en général leurs carpophores dépourvus de boucles.

(¹) *Utilisation du carmin acétique dans la classification des Agarics leucosporés* (*Bull. Soc. Linnéenne de Lyon*, 7ᵉ année, 1938, p. 210). Dans ce travail, nous avons

Grâce à la large hospitalité qui nous a été offerte l'automne dernier à l'Institut botanique de la Faculté des Sciences de Besançon, nous avons pu isoler un assez grand nombre d'espèces de Tricholomes en culture pure, par bouturage de fragments de feuillets sur milieu gélosé à l'extrait de malt, ce qui nous a permis d'étendre nos observations au mycélium.

Le mycélium des Tricholomes au sens strict se distingue déjà macroscopiquement de celui des *Lyophyllum* ou des *Rhodopaxillus*; il s'étend beaucoup plus lentement; la croissance se concentre longtemps sur une étroite surface, produisant un épais coussin de coton aérien (rose mauve en dessous chez *T. squarrulosum* et non chez *T. orirubens*) de texture si dense qu'il est difficile de le sectionner lors des repiquages; la croissance était particulièrement lente avec *T. saponaceum* et *sulfureum*, et n'était sensible qu'à la loupe avec *T. equestre* et *virgatum*; dans plusieurs espèces à croissance très lente (*T. equestre, orirubens, sulfureum, ustale*) les hyphes se sont enflées par places en vésicules globuleuses, de 10-15$^{\mu}$, ne se transformant cependant pas en chlamydospores.

Voici une liste des espèces dans lesquelles nous n'avons pas vu de boucles, soit aux carpophores (C), soit au mycélium en culture (M), liste disposée suivant la classification nouvelle que nous proposons pour les Tricholomes proprement dits :

1. *Albobrunnea*, lames se tachant de roux. Spores typiquement ocellées : *T. caligatum* (C), *focale* (C), *albobrunneum* (C, M), *aurantium* (M), *flavobrunneum* (C, M), *populinum* Lange (C), *ustale* (C, M), *vaccinum* (C), *psammopodum* (C), *imbricatum* (C, M), *acerbum* (C, M).

2. *Sejuncta*, chapeau lubrifié. Lames non tachées de roux : *T. equestre* (C), *sejunctum* (C, M), *portentosum* (M), *columbetta* (C, M).

3. *Atrosquamosa*, chapeau sec, à fibrilles ou mèches grisâtres ou noirâtres : *T. terreum* (M), *argyraceum* (C, M), *ramentaceum* (C), *orirubens* (C, M), *squarrulosum* (C), *virgatum* (C).

4. *Inamoena*, chapeau sec, ni vergeté, ni écailleux : *T. sulfureum* (C, M), *olivascens* (C).

Quelques espèces présentent *sur un même individu* des cloisons bouclées avec d'autres dépourvues d'anses; nous avons noté une telle inconstance des anses dans le revêtement du chapeau de *T. saponaceum* et dans le mycélium en culture des *T. album* et *squarrulosum*; dans ce dernier, les anses, qui manquaient totalement sur les hyphes grêles, étaient évidentes

---

proposé d'exclure du genre *Tricholoma* les espèces à hyphes bouclées, dont les basides renferment de nombreuses granulations colorables par le carmin acétoferrique; des recherches récentes nous ont montré que ces granulations caractéristiques sont fortement Gram-positives et retiennent énergiquement l'hématoxyline, sur matériel fixé au liquide de Hollande.

sur les gros axes principaux. L'absence de boucles ne peut donc permettre de limiter nettement l'ensemble des Tricholomes proprement dits, dont nous ne saurions exclure *T. album* et *saponaceum*, que nous plaçons dans les *Inamoena* et les *T. tigrinum* (à revêtement pédiculaire bouclé) et *squarrulosum*, qui sont des *Atrosquamosæ* indiscutables. La présence d'anses chez ces deux derniers confirme que les *T. cuneifolium* et *atrocinereum*, tous deux bouclés, sont beaucoup plus proches des *Atrosquamosæ* que ne le fait croire leur revêtement piléique celluleux; nous avons d'ailleurs trouvé une espèce inédite intermédiaire, à revêtement ridé et exactement pseudoparenchymatique, mais recouvert de faisceaux d'hyphes cylindracées, couchées, qui lui donnent un aspect fibrillo-tomenteux.

Nous avons toujours vu deux noyaux dans les articles mycéliens (y compris les articles terminaux) chez les *T. acerbum, albobrunneum, argyraceum, aurantium, columbetta, flavobrunneum, imbricatum, orirubens, portentosum, saponaceum, sejunctum, squarrulosum, sulfureum, terreum* et *ustale*. Seul le *T. album* nous a montré d'assez nombreux articles terminaux à trois noyaux parmi une majorité d'articles terminaux binucléés. Nous pouvons donc conclure que l'absence de boucles chez les Tricholomes typiques n'est pas liée à un développement parthénogénétique et que la disparition des anses n'y a pas été accompagnée de modifications apparentes du comportement nucléaire typique des Basidiomycètes, contrairement à ce qui s'est produit dans diverses espèces sans boucles du genre *Coprinus*.

Comme nombre de leucosporés, les Tricholomes ont un seul noyau dans leurs spores mûres; nous l'avons vérifié pour les *T. acerbum, albobrunneum* (quelques spores binucléées), *argyraceum, aurantium, sejunctum, terreum, ustale, vaccinum*, etc. (²).

Le problème sexuel n'a pu être serré de plus près faute de pouvoir obtenir la germination de spores isolées, ou même dans la plupart des cas, de semis denses.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *De la culture des spores d'*Adiantum cuneatum *et de* Pteris cretica. Note (¹) de Mme **Germaine Hurel-Py**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Depuis plusieurs années nous entretenons des cultures de prothalles de *Nephrolepis cordifolia*, de *Gymnogramme calomelanos* et *Asplenium* sp. (²). Or

(²) Cette liste complète celle que nous avons publiée dans le travail suivant : *Le problème de la filiation des Agaricales* (*Bull. Soc. Linnéenne de Lyon*, 1945, p. 169).

(¹) Séance du 10 mars 1947.

(²) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 720; 216, 1943, p. 741; *Soc. bot. France*, 91, 1944; *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 326.

les thalles de ces trois espèces ont tous le même aspect morphologique et les mêmes caractères physiologiques. Afin de vérifier si ce fait est général, nous avons entrepris la culture des prothalles de deux nouvelles espèces de Filicinées : *Adiantum cuneatum* var. *fragans* et *Pteris cretica* var. *major*. Ces nouvelles cultures nous ont permis, en outre, de suivre attentivement le développement du jeune gamétophyte et d'observer la transformation de celui-ci en une colonie de prothalles.

La technique employée est celle décrite précédemment (2) : les spores stérilisées sont mises à germer sur un milieu liquide constitué soit par du Knop dilué de moitié, soit par celui-ci additionné de 2 % de glucose, milieux favorables à la germination des spores. Lorsque celle-ci est obtenue, les jeunes gamétophytes sont transportés sur le même milieu gélifié où leur développement se poursuit dans de meilleures conditions. Nous décrirons successivement le développement des gamétophytes d'*Adiantum*, puis celui des gamétophytes de *Pteris* et nous signalerons enfin les différences obtenues entre ces nouvelles cultures et celles que nous avons réalisées précédemment.

A. Développement des gamétophytes d'Adiantum. — 1° *Sur milieu minéral.* — Les spores germent en donnant un tube constitué par trois ou quatre cellules, en même temps qu'apparaissent un ou plus souvent deux rhizoïdes situés à l'opposé du tube. Les germinations transportées sur le même milieu gélifié

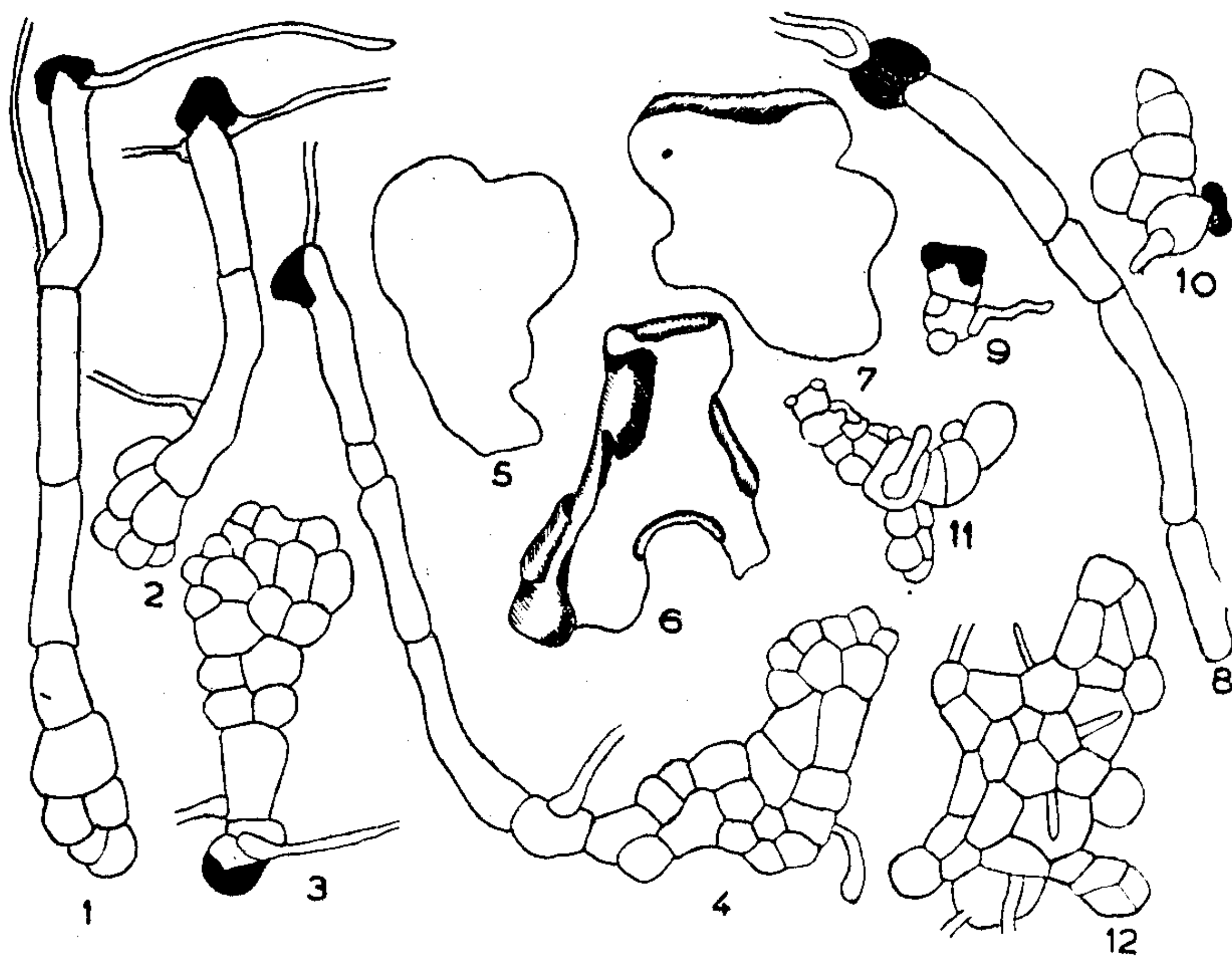


Fig. 1 à 7. — Jeunes prothalles d'*Adiantum* sur milieu minéral.
Fig. 8 à 12. — Jeunes prothalles d'*Adiantum* sur milieu glucosé.

poursuivent leur développement normalement. La cellule située à l'extrémité du tube se cloisonne pour donner une lame foliacée qui s'échancre bientôt (*fig.* 1, 2, 3) puis se redresse perpendiculairement à la gélose tout en prenant l'aspect typique des prothalles de Filicinées (*fig.* 4, 5). Mais le développement

n'est pas même achevé que l'on voit apparaître les ébauches de nouveaux prothalles, ébauches provenant soit de la prolifération intense des parties localisées aux bords du prothalle (*fig.* 6) soit la scission en deux de ce même prothalle primitif (*fig.* 7). Ces prothalles nouveaux demeurent attachés entre eux, prolifèrent à leur tour et forment des colonies prothalliennes qui se multiplient indéfiniment dans cet état à condition d'être repiquées régulièrement sur milieu approprié.

2° *Sur milieu glucosé.* — Les spores germent plus rapidement, mais avec les mêmes aspects (*fig.* 8); les jeunes germinations portées sur milieu solide meurent en totalité. Seules les spores non encore germées au moment de la transplantation subsistent et germent alors en donnant non plus une ébauche normale mais de petits amas cellulaires ramifiés qui en proliférant se transforment directement en colonies prothalliennes serrées (*fig.* 9, 10, 11, 12), plus vertes et plus denses que les colonies cultivées sur milieu minéral, avec des cellules plus turgescentes.

B. Développement du gamétophyte de Pteris. — 1° *Sur milieu minéral.* — Le développement est le même que celui de l'*Adiantum* sur milieu minéral.

Les colonies prothalliennes ne portent pas de sporophytes.

2° *Sur milieu glucosé.* — Le comportement des colonies prothalliennes sur milieu glucosé est tout à fait différent de celui des autres espèces. Alors que dans tous les cas observés jusqu'ici les gamétophytes cultivés sur milieu glucosé croissent beaucoup mieux et présentent moins de sporophytes que ceux cultivés sur milieu minéral, les gamétophytes de *Pteris* poussent très difficilement sur milieu glucosé et donnent naissance à de très nombreux sporophytes rabougris à la base desquels les prothalles disparaissent parfois complètement. De plus, les chloroplastes des cellules prothalliennes sont hypertrophiés et bourrés de volumineux grains d'amidon. Le glucose à 2 % paraît donc toxique pour les cultures de *Pteris*.

En conclusion, les deux nouvelles cultures indéfinies obtenues présentent le même aspect que celles isolées précédemment. Au point de vue physiologique cependant les cultures de *Pteris* réagissent autrement que les cultures précédentes. Le glucose à 2 % provoque la multiplication désordonnée des cellules issues de leurs spores qui donnent directement des colonies prothalliennes portant de nombreux sporophytes rabougris et très peu différenciés.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la présence et le dosage du lithium dans les terres arables.* Note de M. **Didier Bertrand** présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le lithium a été dosé dans un grand nombre d'échantillons minéraux et sa diffusion dans la nature a semblé comparable à celle du potassium et du sodium. D'après Washington (1) il entre pour 0,0001 % dans la composition

(1) *J. Franklin Inst.*, II, 1920, p. 773.

de l'écorce terrestre. Mais nous ne sommes pas aussi bien renseignés en ce qui concerne les terres arables. C'est à Truchot [2] en 1874 que nous devons la première observation à ce sujet : par voie spectroscopique cet auteur estime que la terre de Limagne, dont la richesse l'étonne, renferme de 31 à 132^{mg} de carbonate de lithium pour 100^{g} de terre. Il faut attendre 1914 pour que Robinson [3], grâce au spectroscope, en signale, sans le doser, la présence en traces dans les 28 terres qu'il examine. L'année suivante Steinkoenig [4] le décèle, également par spectroscopie, dans les sols provenant de six endroits différents; toujours en petites quantités et sans dosage. Puis Brun [5], qui avait trouvé cet élément dans les produits volcaniques, en note la présence dans la terre de Pouzzoles au pied du Vésuve.

Depuis, un certain nombre d'auteurs ont signalé sa présence, généralement en traces, dans un certain nombre de sols (toujours par spectroscopie). Sa présence générale et constante [6] chez les végétaux, récemment acquise, confirme l'existence de ce métal dans les terres arables, mais la notion quantitative à l'égard de celles-ci était tout à fait insuffisante.

Vingt et un échantillons de terres de provenance et de nature variées, dans lesquelles le potassium, le sodium et le rubidium avaient été dosés [7], ont été analysés. Comme pour ces trois éléments, le lithium doit exister dans les sels à des états différents et d'un intérêt plus ou moins immédiat pour les plantes. Aussi la même technique analytique que celle ayant déjà servi pour le dosage des métaux alcalins a été utilisée ici. C'est-à-dire que seule a été dosée la fraction du lithium soluble dans l'acide chlorhydrique concentré, après calcination de la prise d'essai à température modérée. Succédant à la précipitation des alcalino-terreux sous forme de phosphates, de l'excès de phosphates et de sulfates par le chlorure de plomb, du plomb par l'hydrogène sulfuré et enfin à l'élimination de l'ammoniac par la chaleur, le mélange des sels alcalins résiduels contient tout le lithium qui est alors dosé par le spectrographe selon un procédé alors dérivé de celui de Gabriel Bertrand, Didier Bertrand et C. Courty [8]. La limite inférieure d'approximation est, comme pour les végétaux, de 0,01 millième de milligrame, avec une erreur de seulement quelques centièmes pour des quantités de métal supérieures à 0,2 millièmes de milligramme. L'analyse a porté chaque fois sur 20^{g} de terre fine séchée à 100°, terre recueillie entre la surface et 20^{cm} de profondeur.

---

(2) *Comptes rendus*, **78**, 1874, p. 1022.
(3) *U. S. Dept. Agr. Bull.*, **122**, 1914.
(4) *J. Ind. Eng. Chem.*, **7**, 1915, p. 425.
(5) *Bull. Soc. Min.*, **40**, 1917, p. 107.
(6) Didier Bertrand, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 707.
(7) Gabriel Bertrand et Didier Bertrand, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 183.
(8) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 520.

Origine des terres	Li en mg/K de terre.
Fontainebleau (S.-et-M.) (terre de bruyère)	0,033
Heurteauville près Rouen (S.-Inf.)	0,071
Versailles (S.-et-O.) Station de recherches agronomiques.	0,11
Malvergne n° 2 (Vendée)	0,11
Grignon (S.-et-O.) École Nat. d'Agriculture	0,13
Neuville près Caen (Calvados)	0,16
Binitze Laaland (Danemark)	0,17
Eu (Somme) Éboulis du Turonien	0,184
Kebernes près Quimper, sur granulite	0,186
Versailles n° 1 (S.-et-O.) Station de recherches agronomiques	0,193
Malvergne n° 1 (Vendée) verger	0,27
Institut Pasteur de Paris, parcelle du jardin sans engrais depuis 28 ans	0,30
Grignon. École Nat. Agr., sans engrais depuis 1875	0,39
Limon du Niger (pris à Ségou)	0,414
Puysaye (Yonne), sable d'une aspergerie	0,43
Beauvoisin n° 1 (Gard)	0,45
Aquapendente (Italie), vallée	0,49
Pantchevo, Banat (Serbie)	0,55
Charbuy (Yonne), Terre forte	0,59
Malvergne n° 3 (Vendée)	0,96
Genolhac n° 1 (Gard), granit désagrégé	2,91

Les deux chiffres extrêmes sont plutôt des exceptions, la moyenne étant d'environ $0^{mg},3$ de lithium par kilogramme de terre sèche. La terre de Limagne serait, d'après les chiffres ci-dessus et comme le pressentait Truchot, d'une richesse plutôt inhabituelle.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la distribution des éléments minéraux dans la paille de Blé.* Note ([1]) de M. **André Gouère**, présentée par M. Albert Demolon.

A. Demolon et H. Burgevin ([2]) ont montré que chez les céréales, les variations de composition du grain sont amorties par le rapport existant entre les poids respectifs de la paille et du grain, et par la plasticité chimique de la paille ([2]).

Nous nous sommes efforcé de préciser cette action modératrice jouée par la paille dans l'absorption de quelques éléments; à cet effet nous avons recherché les différences de teneurs existant entre la base et le sommet des pailles. Les résultats observés confirment cette loi.

Les échantillons analysés appartenaient à une variété de Blé d'automne à grand rendement Yga (50 q/ha) cultivée en sol de limon de la région parisienne

([1]) Séance du 17 mars 1947.
([2]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 667.

après Pommes de terre, et soumise à de fortes fumures, soit phospho-azotée, soit complète.

Tout d'abord, on remarque à la pesée que le poids d'une certaine unité de longueur de paille sèche n'est pas une grandeur constante. Il décroît d'environ moitié de la base au sommet de la tige, et cela d'une façon irrégulière. Cette décroissance est surtout marquée dans la région située au voisinage immédiat de l'épi. L'équilibre statique ainsi réalisé permet à la plante de supporter plus aisément le poids considérable de l'épi.

Quant à l'analyse chimique, elle a permis de constater certaines différences permanentes, plus ou moins accentuées, suivant les conditions de nutrition minérale.

Quelle que soit la fumure, les teneurs centésimales en P_2O_5, K_2O et SiO_2 des parties basses des pailles sont moins élevées que celles qui correspondent aux sommets; le gradient des concentrations se montre variable.

Par contre, les teneurs en CaO, presque constantes, ont tendance à être légèrement plus faibles au sommet qu'à la base.

Composition chimique des pailles pour mille.

		P_2O_5.	K_2O.	CaO.	SiO_2.
Fumure phospho-azotée	sommet.....	0,93	5,0	2,8	12,6
	base........	0,52	4,3	2,9	6,2
Fumure complète	sommet.....	1,72	14,4	3,5	15,0
	base........	0,41	10,9	3,9	8,3

Les chiffres sont en accord avec le rôle physiologique propre à chacun de ces divers élements.

P et K, qui ont un rôle important dans l'élaboration de l'épi et du grain, émigrent au voisinage de ceux-ci, mais la répartition de K dans la paille se montre plus régulière que celle de P qui se localise dans le grain pour une plus large part.

Ca, conditionnant la résistance physique des pailles, se répartit de façon uniforme avec tendance à s'accumuler à la base.

Quant à SiO_2, elle émigre également vers le sommet, ce qui vient confirmer le rôle vecteur que lui ont attribué A. Demolon et E. Bastisse ([3]) à l'égard de certains éléments. La répartition différente de la chaux et de la silice montre en outre que la résistance des pailles à la verse accidentelle doit dépendre plus de leur teneur en chaux que de leur teneur en silice.

L'action particulière de la potasse venant compléter la fumure se manifeste par une légère amélioration de l'équilibre statique des pailles résultant d'une augmentation de leurs poids.

Au point de vue chimique, cette addition provoque une augmentation

([3]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 293.

générale et simultanée des teneurs des pailles en éléments minéraux (exception faite du cas de P_2O_5 de la base des tiges).

L'augmentation qui en résulte du rapport entre les teneurs du sommet et de la base des pailles, notamment pour P_2O_5 et K_2O, semble indiquer une utilisation meilleure par la plante de ces éléments à action physiologique.

Les résultats sont également en accord avec l'idée que la chaux joue un rôle plastique.

On peut déduire de ces faits quelques indications pratiques :

— lorsque l'on veut analyser un échantillon moyen de paille, il y a lieu de prélever soigneusement la totalité de la longueur de chaque tige, sous peine d'erreurs graves.

— en ce qui concerne la pratique agricole, ces observations montrent que la fauche effectuée assez loin du sol laisse sur le terrain la partie des pailles la plus lignifiée et la plus riche en CaO. Mais elle élimine les parties les plus riches en P_2O_5 et K_2O, dont le fumier assure la restitution au sol.

PÉDOLOGIE. — *L'emploi des couleurs en cartographie pédologique.* Note [1] de MM. **Philippe Duchaufour**, **Henri Gaussen** et **Paul Rey**, présentée par M. Albert Demolon.

Les principes d'emploi raisonné des couleurs ont été étudiés dans deux Notes antérieures [2]. L'application à la cartographie botanique a montré comment chaque couleur représentant un facteur contribue à composer la couleur synthétique matérialisant la complexité du milieu.

On peut fournir une méthode raisonnée d'utilisation des couleurs en cartographie pédologique. Un type de carte simple est celle de la réaction du sol.

Carte du pH. — Comme il a été préconisé, les couleurs de l'arc-en-ciel donnent une gamme intéressante. L'humidité créant lessivage et souvent acidification, il est naturel de prendre les bleus pour les sols acides. Une gamme acceptable sera :

$>$ 8 rouge; 7 à 8 orangé; 6 à 7 jaune clair; 5 à 6 vert clair; 4 à 5 bleu; $<$ 4 indigo.

Carte pédologique. — Le sol résulte des facteurs essentiels suivants : Roche mère, climat, végétation, âge.

Il n'est pas possible de donner ici les raisons du choix des couleurs. Voici une gamme qui a déjà fait ses preuves :

1° Roche mère. — *a. Composition*; calcaire assimilable, jaune plus ou moins vif selon la teneur; *b. Perméabilité*; perméable : traits bleu de prusse

(1) Séance du 17 mars 1947.

(2) H. Gaussen, *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 450-452; **224**, 1947, pp. 589-590.

verticaux interrompus plus ou moins serrés; imperméable : blanc; plan d'eau proche : traits bleu de Prusse horizontaux d'autant plus serrés que l'eau est plus près de la surface.

2° CLIMAT. — *a. Aridité* moyenne : blanc (compensation évaporation, infiltration); *b. Aridité* croissante : rouge de plus en plus vif (évaporation dominante); *c. Aridité* décroissante : bleu de cobalt de plus en plus vif (infiltration dominante).

3° VÉGÉTATION. — *a. Humus* neutre : grisé marron jaune; doux : blanc; acide : grisé marron violet; *b. Couvert* forestier (ombre) : grisé noir.

Pour *a* et *b*, le grisé sera un grisé de points.

4° AGE ET DEGRÉ D'ÉVOLUTION. — *Squelettique* : blanc; *jeune* : la couleur de superposition de 1 et 2 teinte en grisé ligné; *climacique* : couleur de 1 et 2 en teinte plate.

Dans les Cartes de Végétation de la France ([3]) une présentation de la légende a été adoptée qui permet assez bien de rendre compte de la superposition des facteurs.

Les deux types de roches-mères, calcaire et non calcaire, font les deux panneaux gauche et droite. Dans chacun, une moitié supérieure représente les phénomènes d'ascension, la moitié inférieure le lessivage. Des deux côtés de l'axe vertical du tableau, on peut faire intervenir l'abondance de l'humus, doux vers les roches calcaires, acide vers les terrains sans calcaire.

ZOOLOGIE. — *Métamorphose de la larve cypris du Rhizocéphale* Septosaccus Cuenoti *Dub. parasite du Pagure* Diogenes pugilator. Note ([1]) de M. **André Veillet**, transmise par M. Louis Fage.

Deux familles de Rhizocéphales vivent sur les côtes de France : les Peltogastridés et les Sacculinidés qui diffèrent à l'état adulte par de nombreux caractères. J'ai déjà montré ([2]) que leurs larves se distinguent morphologiquement, et, d'autre part, les observations de Ch. Perez ([3]) sur le système radiculaire des Cirripèdes parasites laissent supposer que la larve cypris des Peltogaster se fixe au voisinage du point de sortie du sac viscéral, et non pas en un point très éloigné comme c'est le cas pour la Sacculine. Je me suis donc demandé si les phénomènes de métamorphose ne permettraient pas d'établir de nouvelles différences entre ces deux

---

([3]) La feuille de Toulouse est imprimée; la maquette de la feuille de Perpignan a été présentée au Congrès de l'A. F. A. S. à Nice en septembre 1946, la feuille est à l'impression.

([1]) Séance du 24 mars 1947.

([2]) *Ann. Inst. Océanographique*, **22**, IV, p. 310.

([3]) *Titres et travaux scientifiques*, II, Paris.

familles, et ne nous renseigneraient pas sur l'évolution des Cirripèdes parasites. Après avoir échoué dans l'élevage des formes d'eau profonde, j'ai réussi à observer le développement larvaire de *Sepiosaccus cuenoti*, Peltogastridé parasite du Pagure *Diogenes pugilator*, qui vit comme *Carcinus mœnas* dans la zone intercotidale. La métamorphose de *Septosaccus* est à divers points de vue différente de celle de la Sacculine.

Comme pour la Sacculine, ce n'est que trois jours après son éclosion que la cypris se fixe sur l'hôte. Elle se déplace sur ce dernier en s'appuyant sur les deux antennes, l'extrémité postérieure de la carapace écartée du support. Bientôt elle s'arrête, une antenne dirigée en avant, l'autre en arrière. L'endroit choisi n'est plus comme pour la Sacculine la base d'un poil : c'est la membrane d'articulation des différents articles des appendices ou les régions minces et non calcifiées de l'abdomen et du thorax, en particulier la paroi de la cavité branchiale. Les larves se fixent aussi en grand nombre sur les Pagures qui viennent de muer.

Les appendices thoraciques sont bientôt repliés sur eux-mêmes, comme dans la position de repos normale, leurs muscles rentrés dans la carapace. On observe encore quelques faibles mouvements des soies de ces appendices. La carapace oscille à peine et les antennes exercent des tractions lentes sur la masse viscérale de la cypris. Bientôt une mue se prépare qui va séparer de la région postérieure de la larve une masse de tissu clair dépourvu des inclusions huileuses de la cypris, mais au centre de laquelle se trouve l'œil, contrairement à ce que l'on observe chez la Sacculine. Cette masse s'entoure d'une enveloppe chitineuse qui s'épaissit de plus en plus et prend une forme globuleuse. Cette boule, attirée par les antennes, se dégage brusquement des valves de la carapace; elle subit une rotation de près de 45° et vient se coller sur l'hôte en recouvrant en partie les antennes dont seules restent apparentes les extrémités distales. Pendant ce temps la carapace a été littéralement éjectée : elle emporte avec elle les muscles et les pattes thoraciques et les inclusions huileuses. Cette phase dure environ un quart d'heure.

La larve est maintenant une sorte de lentille plan convexe, à contour elliptique de 100^{μ} de long sur 60 de large et 20 d'épaisseur. Les crochets des antennes, dirigés vers l'arrière de la cypris sont les seuls repères qui permettent d'orienter la larve. Elle est transparente et incolore, sauf au centre où se trouve l'œil brun rouge. Dans cette sorte de *pupe* on observe des mouvements cellulaires dévoilés par les déformations du pigment oculaire. L'œil s'étire en un croissant dont les extrémités se rejoignent vers la 24^{e} heure.

Au centre de l'anneau sombre ainsi formé, on voit se différencier petit à petit un minuscule trocart, creux, dont la pointe doit perforer la base chitineuse mince de la *pupe* et la paroi de l'hôte vers le cinquième jour.

Le contenu de la larve est maintenant très réduit car une nouvelle mue a décollé la nouvelle chitine de l'ancienne, et la plus grande partie des cellules ont dû être inoculées dans la cavité générale du Pagure par le trocart.

On voit donc que chez la Sacculine comme chez *Septosaccus*, l'inoculation est basée sur le même principe : perforation mécanique de la paroi de l'hôte. Mais il faut reconnaître que les modalités du phénomène diffèrent dans les deux cas, et que les mécanismes réalisés constituent un bel exemple d'adaptation : la cypris de *Septosaccus*, qui se fixe sur un Pagure au tégument mou, s'applique sur les parois minces du corps de l'hôte, tandis que la cypris de la Sacculine, qui se fixe sur un Crabe au tégument durci, ne peut poursuivre son développement que si le trocart traverse la paroi de l'hôte aux endroits les plus minces, le long de la membrane d'articulation du poil. Le trocart est alors guidé vers le point d'inoculation par l'antenne qui est accrochée au poil. A ce point de vue la Sacculine paraît plus spécialisée que *Septosaccus*.

Or l'on sait déjà que les Peltogastridés, parasites d'Anomoures, ont une organisation plus simple et probablement plus primitive que celle des Sacculinidés, parasites de Brachyoures. En généralisant les faits observés au cours de la métamorphose de la Sacculine et de *Septosaccus*, on est tenté d'affirmer que les Sacculinidés dérivent d'ancêtres voisins des Peltogastridés actuels. Au cours de l'isolement des Brachyoures, d'une part, et des Anomoures, d'autre part, à partir des Macroures, les Rhizocéphales ont dû se transformer en Sacculinidés parasites de Brachyoures, et en Peltogastridés parasites d'Anomoures. On peut supposer que le mode d'inoculation de *Septosaccus* représente le stade le plus primitif et qu'il s'est perfectionné chez les Sacculinidés.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Répercussions thyroïdiennes de l'avitaminose* B1 *chez le Rat*. Note [1] de Mme SIMONE BLAIZOT, MM. JEAN BLAIZOT et HERBERT TUCHMANN-DUPLESSIS, présentée par M. Robert Courrier.

L'un de nous [2] a montré précédemment que la créatinurie du Rat carencé en aneurine n'existe pas chez l'animal préalablement éthyroïdé; d'autre part, la créatinurie par surcharge thyroxinienne ne se manifeste plus quand l'animal reçoit en même temps une quantité suffisante de vitamine B1. Ces résultats posent le problème du rôle de l'aneurine dans le métabolisme des substances azotées, et celui des relations fonctionnelles éventuelles entre la thyroxine et l'aneurine.

---

(1) Séance du 17 mars 1947.

(2) S. GUENOT, *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 1412-1413.

Il nous a semblé intéressant, dans ces conditions, d'examiner la structure histologique de la thyroïde au cours des diverses phases de l'avitaminose B 1.

Vingt Rats mâles adultes (poids moyen : 250^{g}) sont soumis, pendant 60 jours, au régime carencé suivant : caséine 30, fécule 50, sucre 15, huile 6, mélange salin 4, hydrolysat de levure privé d'aneurine 5. Toutes les semaines deux Rats sont isolés en cage à métabolisme et l'on dose leur créatine urinaire pendant 3 jours, puis on les sacrifie et l'on prélève immédiatement leurs thyroïdes qui sont fixées au liquide de Bouin et colorées selon les méthodes histologiques courantes.

Pendant les cinq premières semaines de carence, la thyroïde garde une structure sensiblement normale; on constate seulement une évolution très progressive dans le sens suivant : l'épithélium tend à passer du type cylindrique au type cubique ou même endothélial; les vacuoles chromophobes diminuent dans les grands et moyens follicules; au centre de la glande, les follicules restent petits, conservent un épithélium cylindrique et une colloïde pourvue de nombreuses vacuoles chromophobes. Au cours de la sixième semaine de carence, l'aspect de la glande se modifie rapidement : à la place des grands follicules, qui occupaient les 2/3 de la coupe, on trouve des acini de taille moyenne vidés en partie de leur colloïde, avec de petits follicules jusqu'à la périphérie de la glande; la colloïde, moins chromophile qu'aux stades précédents, est parsemée de globules rouges; au pôle apical des cellules épithéliales on voit des vacuoles de résorption et parfois des inclusions ayant mêmes affinités tinctoriales que la colloïde, les vaisseaux sont dilatés.

Cet aspect est fugitif; dès la semaine suivante, en effet, la thyroïde retrouve une structure hétérogène à grands follicules marginaux. L'épithélium glandulaire s'aplatit jusqu'à devenir endothéliforme par endroits à la fin de l'expérience; il circonscrit alors une vaste lumière occupée par une colloïde homogène, épaisse, très chromophile, ne renfermant que de très rares vacuoles chromophobes.

En résumé, nous pouvons schématiquement distinguer trois aspects de la thyroïde au cours de la carence : pendant les cinq premières semaines, une augmentation progressive de la colloïde chromophile qui dilate les follicules; au cours de la 6^{e} semaine, une résorption intense mais fugace de cette colloïde avec tendance à l'uniformisation de la glande; enfin, après la 7^{e} semaine, une forte augmentation de la colloïde chromophile avec distension des follicules, disparition presque complète des vacuoles de résorption et aplatissement de l'épithélium. L'interprétation fonctionnelle de l'image histologique de la thyroïde reste controversée. On peut cependant, avec la majorité des auteurs, admettre que les glandes pourvues de petits follicules à colloïde chromophobe correspondent à des organes fonctionnellement actifs, tandis que des glandes composées de grands

follicules à colloïde épaisse témoignent d'un état d'hypoactivité fonctionnelle ([3]). Nos observations histologiques témoigneraient alors d'une activité thyroïdienne légèrement décroissante pendant les cinq premières semaines, augmentant brusquement pendant la 6e semaine pour s'atténuer considérablement après cette période.

Or, si l'on examine pendant toute l'expérience les variations de poids et la créatinurie des animaux, on est conduit aux remarques suivantes :

1° Le poids moyen des animaux commence à baisser à la fin de la 2e semaine de carence et diminue constamment jusqu'à la 6e semaine : la chute de poids est alors de 15 % en moyenne. Le poids reste ensuite stationnaire ou même remonte chez certains individus, mais beaucoup d'animaux meurent à partir de la 8e semaine de carence.

2° La créatinurie apparaît dès la fin de la 1re semaine; le taux de créatine urinaire passe alors de moins de 1^{mg} par 24 heures et 100^{g} vif à 2^{mg} environ et se maintient à ce niveau jusqu'à la 6e semaine. A ce moment, l'excrétion de créatine augmente rapidement jusqu'à 3^{mg} au 43e jour, retombe ensuite à moins de 1^{mg} dès le 49e jour et se maintient à ce niveau.

La 6e semaine de carence apparaît donc comme une période critique, marquée à la fois par une suractivité thyroïdienne, une créatinurie accentuée et un poids minimum. Aussitôt après, la thyroïde devient rapidement hypoactive, la créatinurie disparaît, le poids reste stationnaire. Si, au cours des premières semaines de carence, les modifications histologiques et la créatinurie ne sont pas strictement parallèles, on constate une remarquable concordance entre les tests chimiques et histologiques lors de la phase critique.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Importance de l'absorption intestinale dans la régulation de l'appétit glucidique.* Note de M. **André Soulairac**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le déterminisme physiologique de l'appétit glucidique pose de nombreux problèmes : existe-t-il, en particulier, une relation directe entre cet appétit et le taux glycémique, ou existe-t-il, à la base même du mécanisme de l'appétit, des phénomènes d'ordre digestif, ayant lieu au niveau de la muqueuse intestinale?

Jusqu'à présent on admettait, à la suite des travaux de Bulatao et Carlson (1927) et de la théorie de Cannon (1939), qu'il existe une relation directe entre la glycémie et l'appétit, l'hypoglycémie déterminant la sensation de faim et l'hyperglycémie l'impression de satiété. Les variations du taux glycémique détermineraient, par ailleurs, un phénomène périphérique, les contractions

([3]) Ces images sont inversées chez l'animal traité par un antithyroïdien.

gastriques, qui causeraient l'impression subjective de la faim ou du rassasiement.

Cependant, à la suite de recherches plus étendues, portant spécialement sur l'appétit pour les glucides, chez le Rat et la Souris, j'ai pu constater qu'un tel parallélisme entre l'appétit et la glycémie est loin d'être général. Différentes glandes endocrines (anté-hypophyse, corticosurrénale, pancréas insulaire, thyroïde) sont, en effet, susceptibles d'exercer une action sur l'appétit glucidique.

Quand on compare leurs actions respectives sur la consommation des glucides et sur la glycémie, on s'aperçoit qu'il est impossible d'établir une relation directe, de cause à effet, entre les deux phénomènes.

Par contre, l'étude comparative de l'action de ces glandes endocrines sur l'appétit glucidique et l'absorption intestinale des mêmes glucides apporte des résultats tout à fait concordants.

Chez le Rat, l'absorption intestinale du glucose se fait au taux moyen de 200^{mg} environ par heure et par 100^{g} de poids. Si l'on administre de l'insuline, on constate que l'appétit glucidique augmente fortement, en même temps que l'absorption intestinale du glucose passe au taux moyen de 517^{mg}. Le diabète alloxanique chronique, qui provoque une augmentation de l'appétit pour les sucres, augmente également l'absorption intestinale, qui atteint la valeur moyenne de 332^{mg}.

La cortico-surrénale a une action particulièrement marquée sur l'appétit glucidique. La surrénalectomie diminue fortement la consommation des sucres, tandis que l'acétate de désoxycorticostérone l'augmente dans la proportion de 1 à 4. L'étude de l'absorption intestinale montre, qu'après surrénalectomie, le glucose n'est plus absorbé qu'en taux moyen de 108^{mg} et, après administration de désoxycorticostérone, il est absorbé au taux de 275^{mg}.

Le thyroïde agit également sur la consommation des glucides. La thyroïdectomie abaisse fortement l'appétit glucidique et, en même temps, fait tomber le taux d'absorption de glucose à la valeur de 110^{mg}. La thyroxine montre un effet inverse sur l'appétit, et son administration fait monter le taux de l'absorption intestinale à 317^{mg}.

Enfin, l'hypophyse montre une action très complexe sur l'appétit glucidique; l'hypophysectomie provoque une chute assez rapide et importante de la consommation des sucres; l'administration d'extrait d'hypophyse antérieure détermine également une chute considérable de cet appétit, chute qui persiste un certain temps après la cessation du traitement. L'absorption intestinale du glucose, étudiée dans ces conditions, donne les valeurs moyennes de 132^{mg} après hypophysectomie et de 137^{mg} après extrait anté-hypophysaire.

Ainsi, ces résultats expérimentaux montrent, non seulement que l'absorption intestinale du glucose subit des variations importantes sous l'action de certains facteurs endocriniens, mais encore qu'*il existe un parallélisme étroit entre l'action*

des glandes endocrines sur l'appétit glucidique et leur action sur l'absorption intestinale du glucose.

Le taux de l'absorption intestinale du glucose semble donc jouer un rôle de premier plan dans le déterminisme physiologique de l'appétit glucidique.

Tout un ensemble d'expériences m'a montré que le mécanisme par lequel agissent les glandes endocrines sur l'intensité de l'absorption intestinale du glucose est un mécanisme enzymatique, où prédominent les processus de phosphorylation. On peut empêcher l'augmentation de l'absorption, provoquée par des hormones, telles que l'insuline, la thyroxine ou la désoxycorticostérone, en faisant agir un inhibiteur de la phospho-catalyse, tel que la phloridzine. De même, la diminution d'absorption déterminée par surrénalectomie peut être en partie empêchée par l'action de lactoflavine-phosphate.

Réciproquement d'ailleurs, j'ai pu démontrer que tout mécanisme physiologique diminuant ou augmentant l'absorption intestinale du glucose diminue ou augmente également l'appétit pour les glucides. C'est ainsi que la phloridzine diminue très nettement la consommation alimentaire du sucre, alors que la lactoflavine-phosphate l'augmente. De même, l'augmentation d'appétit, à la suite d'injections de thyroxine et de désoxycorticostérone, est entravée par l'administration de phloridzine.

Il semble donc légitime de conclure que les processus d'absorption intestinale jouent un rôle primordial dans l'ensemble des régulations physiologiques qui déterminent l'appétit glucidique. Toute action physiologique modifiant l'absorption intestinale modifie dans le même sens la consommation glucidique spontanée de l'animal. De plus, les variations de l'activité phosphocatalytique de la muqueuse jouent un rôle qui semble essentiel dans la régulation même de l'absorption intestinale des glucides.

GÉNÉTIQUE. — *Sur l'hydrocéphalie, mutation nouvelle chez la Souris.* Note (¹) de M. **Nicolas Kobozieff** et Mme **N. A. Pomriaskinsky-Kobozieff**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'hydrocéphalie d'origine mutationnelle a été signalée chez le Cobaye, le Porc et surtout chez la Souris.

Ainsi, Sollas (²) a vu apparaître l'hydrocéphalie associée au nanisme chez le Cobaye (anomalie récessive). Strandskov (³) a observé la même anomalie associée à la duplicature du pénis, dans une lignée de Cobayes de Wright, de forte consanguinité et dont les mâles avaient été irradiés.

(¹) Séance du 10 mars 1947.

(²) *Rep. Evol. Commit. Roy. Soc.*, 5, 1909, p. 51; *Jour. Genet.*, 3, 1914, p. 201.

(³) *Journ. Exp. Zool.*, 63, 1932.

Il pense qu'il s'agit ici d'une anomalie récessive létale. Blunn et Hughes ([4]) ont signalé l'hydrocéphalie récessive chez le Porc.

Chez la Souris, l'hydrocéphalie est fréquente. Clark ([5]) l'a vue apparaître dans une lignée de Souris *flexed* et Zimmermann ([6]) dans une lignée de Souris sauvages. L'anomalie, dans ces deux cas, se montre récessive. Toutefois, Clark a mis en évidence qu'il s'agit de mutations différentes. Récemment, Gruneberg ([7]) a observé deux types d'hydrocéphalies également récessives dans deux lignées différentes, l'une constituée par *♂ flexed* × *♀ CBA de Strong*, l'autre par *♂ d'origine inconnue* × *♀ du stock mixed.*

A notre tour, nous avons vu surgir des hydrocéphales dans une lignée de Souris à oreille externe tronquée, ou abaissée ([8]).

On peut reconnaître les sujets atteints d'hydrocéphalie parfois dès la naissance, par leur poids anormalement bas. Dès le 7ᵉ jour, on peut les recenser avec plus de sûreté : ils présentent une tête bombée, un corps ramassé, des mâchoires déviées et un poids très inférieur à celui des sujets normaux. Toutefois, le degré d'extériorisation de l'hydrocéphalie est variable : les sujets gravement atteints meurent dans la majorité des cas au cours des trois premières semaines, et atteignent rarement deux mois. Chez ceux légèrement atteints, bien que sujets à une mortalité importante au cours de la période de croissance (qui est retardée), quelques-uns arrivent à la puberté et qui se montrent féconds.

Nous avons choisi, pour le croisement, des progéniteurs ayant donné déjà dans leur descendance des hydrocéphales, à côté de sujets normaux pour le caractère considéré (absence d'hydrocéphalie, croissance normale). Nous avons constitué deux branches. La première avec croisements consanguins poursuivis sur 9 générations et à partir de 3 couples pris dans des portées issues de parents immédiats et communs. 17 ♂ et 22 ♀ de cette branche ont donné des hydrocéphales. La deuxième branche comprend également des croisements consanguins sur 16 générations, à partir de deux progéniteurs *normal overlaps*, c'est-à-dire de deux sujets phénotypiquement normaux, mais se comportant génotypiquement comme des sujets atteints de troncature de l'oreille. 12 ♂ et 12 ♀ se montrèrent hétérozygotes pour l'hydrocéphalie et ont fourni des hydrocéphales. Ces quatre couples initiaux, hétérozygotes, appartiennent à la 8ᵉ génération par rapport à

([4]) *Journ. Hered.*, **29**, 1938, p. 203.

([5]) *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **18**, 1932, p. 654; **21**, 1935, p. 150; **22**, 1936, p. 474; *Anat. Rec.*, **58**, 1934, p. 232.

([6]) *Zeitschr. f. ind. Abst. u. Vererbungsl.*, **64**, 1933, p. 176.

([7]) *Journ. Genet.*, **45**, 1943, pp. 1-22.

([8]) *Bull. Mus. Hist. Nat.*, 2ᵉ série, **10**, 1, 1937; *C. R. Soc. Biol.*, **133**, 1940, p. 366.

leur ancêtre commun ♂ 30.389, premier mutant atteint de troncature de l'oreille gauche.

Nous avons recensé au total 194 descendants en 37 portées (moyenne : 5,2 petits par portée) (*voir* le tableau) :

Croisement des hétérozygotes pour le caractère hydrocéphalie.

Répartition des descendants.	Normaux (1).	Anormaux (2).	Total.
Nombre de sujets observés	148	46	194
Nombre de sujets calculés (c)	145,5	46,5	–
Écart observé (d)	+2,5	−2,5	–
Écart type $m = \pm \sqrt{Npq}$	+5,98	–	–
Rapport des deux écarts (d/m)	0,42	–	–
Rapport	3 normaux : 1 hydrocéphale		

(1) Pas d'hydrocéphalie, croissance normale, oreille normale ou tronquée, yeux parfois anormaux.
(2) Hydrocéphalie, croissance défectueuse, oreille normale ou tronquée, yeux parfois anormaux.

Cette anomalie se montre donc récessive. Les croisements entre hétérozygotes ont donné 148 descendants normaux et 46 anormaux (24 individus uniquement hydrocéphales, 15 hydrocéphales avec troncature de l'oreille, 5 hydrocéphales avec troncature de l'oreille et malformations oculaires diverses et 2 hydrocéphales avec malformations oculaires) (nombres théoriques prévus : 145,5 et 48,5). Ces résultats sont tout à fait conformes aux prévisions (3 *normaux*, 1 *anormal*), car le rapport des deux écarts, d/m, est égal à 0,42.

En résumé, nous sommes en présence d'une anomalie récessive à degré de manifestation variable (en cas de forme grave, elle est, en outre, sublatérale), et parfois associée à d'autres telles que troncature de l'oreille et malformations oculaires (cataracte, exophtalmie, cécité etc.).

Une analyse génétique approfondie de l'hydrocéphalie ainsi qu'une étude histologique et embryologique s'imposent.

BIOMÉTRIE LEUCOCYTAIRE APPLIQUÉE. — *La méthode des instants favorables en thérapeutique.* Note (1) de M. ÉMILE PINEL, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

On sait que (2), dans les cas pathologiques en involution (3), les diagrammes représentatifs des variations au cours du temps, des pourcentages de polynucléaires de la formule leucocytaire simplifiée sont, pour chaque sujet, formés par des suites de portions de courbes en cloche de Gauss, limitées, à leurs bases, par leurs points d'inflexion et ordonnées, suivant les cas, comme l'indiquent les

(1) Séance du 3 mars 1947.
(2) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 231.
(3) Le mode opératoire des étalements sanguins a été exposé dans une Note à la *Société d'Hématologie* (15 février 1945). Revue *Le Sang*, n° 4, 1947.

figures ci-après. Ces diagrammes, reproduits ici à titre d'exemples et pour fixer les idées, montrent que, quelles que soient les ordonnées des sommets de ces portions de courbes, chacune de ces suites résulte de la répétition périodique des écarts entre les points d'inflexion, d'une courbe C (*fig.* 1), ou d'un ensemble de deux courbes C_1 et C_2, rangées dans un ordre constant (*fig.* 1). L'existence

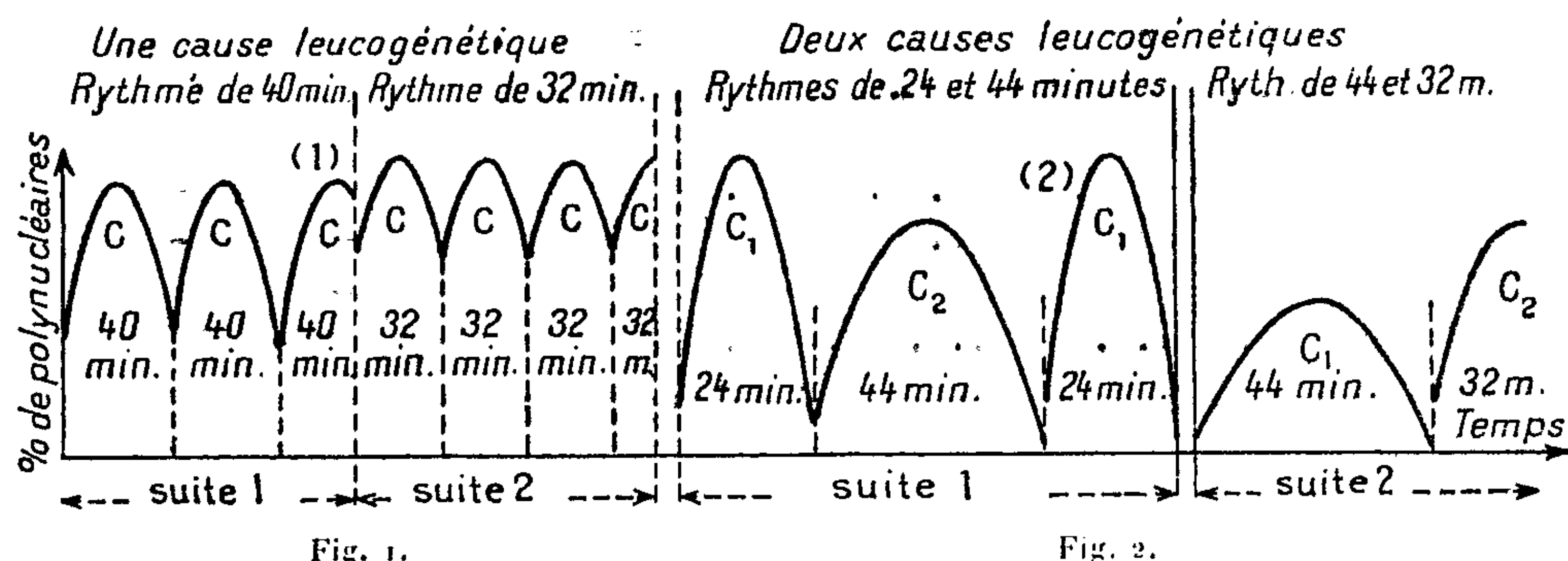
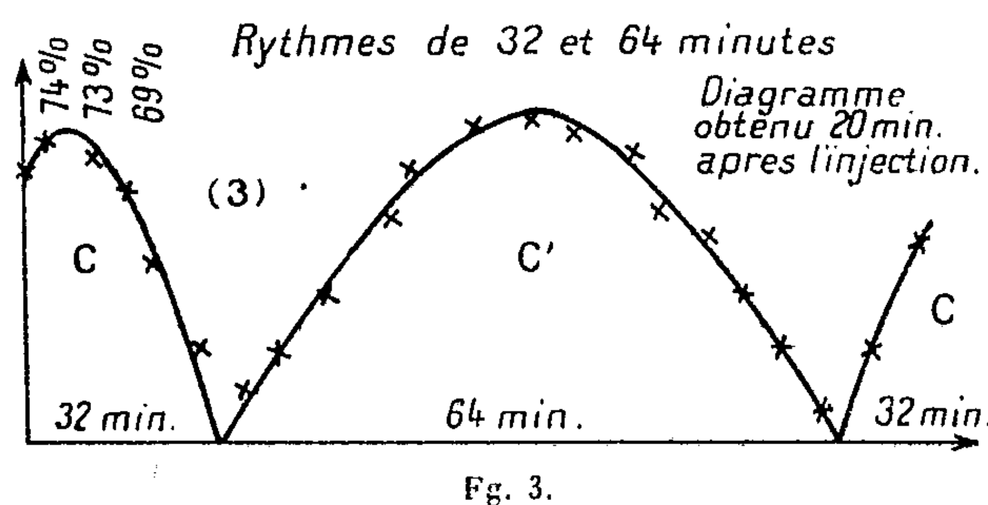


Fig. 1. Fig. 2.

des rythmes leucocytaires, propres à chaque cause leucogénétique respectivement, et mesurés par les écarts aux bases, communs aux ensembles d'une même suite, a rendu possible la création d'une nouvelle méthode de traitement leucostimulant, par les voies injectables ordinaires, méthode qui tient compte, à côté de la nature de l'agent thérapeutique, des divers comportements de ces rythmes, suivant l'instant de l'injection, l'intervalle de temps compris entre deux injections successives et le nombre total de celles-ci. En considérant, pour simplifier les idées, le cas d'une cause leucogénétique permanente, l'expérience prouve que, consécutivement à l'injection : 1° le diagramme leucocytaire est d'autant plus régulier, qu'elle a été faite à un instant plus proche de l'un de ceux où s'est présenté un point d'inflexion du diagramme (1) de l'évolution



Fg. 3.

naturelle; 2° dans ce cas, l'action leucostimulante a pour effet, quasi immédiat, de conserver le rythme naturel et d'engendrer un nouveau rythme double du premier (courbe C', *fig.* 3). Lorsque l'action de la première dose injectée s'évanouit, C' disparaît et le diagramme leucocytaire est celui de l'évolution naturelle. Ainsi, le rythme double ne sera conservé qu'en maintenant l'action

leucostimulante par une seconde injection, faite au bout d'un temps inférieur à la durée d'activité de la première dose injectée. Cependant, on observe, dans la suite, que les deux courbes C et C′ (*fig.* 3) ne se succèdent dans l'ordre C′, C; C′, C, ..., que si l'instant d'élection de cette seconde injection est l'un de ceux où se présente le point d'inflexion d'amorce d'une courbe C′, et ainsi de suite. Dans ces conditions, l'instant d'amorce d'une courbe C′ expérimentale s'obtient en ajoutant à l'un quelconque des instants d'amorce des courbes C′ précédentes, appartenant à la même *suite* de courbes, un nombre entier de fois, convenablement choisi, la somme de ces deux rythmes. Enfin, le rythme naturel change de valeur après 12 à 18 piqûres.

Ces résultats sont valables dans le cas de deux causes leucogénétiques c_1 et c_2 naturelles, permanentes et coexistantes, chez le même sujet. En effet, l'expérience prouve qu'en traitant ces deux causes par des injections leucostimulantes, de natures adéquates, à partir, comme précédemment, des points d'inflexion d'amorce des courbes C_1 et C_2 correspondantes (*fig.* 2), on observe que : 1^er^ cas, si l'on traite l'une d'elles seulement, c_1 par exemple, on met en évidence des ensembles de courbes C'_1 (rythme double de C_1), C_1, C_2; 2^e^ cas, si l'on traite les deux causes alternativement, on crée des ensembles C'_1, C_1, C'_2 (double de C_2), C_2. En maintenant, comme précédemment, l'action leucostimulante, les instants d'amorce des courbes C′ s'obtiennent en ajoutant à l'un des précédents, dans une même *suite*, un nombre entier de fois, convenablement choisi, la somme des trois rythmes (1^er^ cas), ou la somme des quatre rythmes (2^e^ cas). L'un au moins des deux rythmes change de valeur après 12 à 18 piqûres.

Cette méthode, qui respecte les rythmes, a permis la réussite, en trois semaines, dans 82 % des cas, de thérapeutiques qui, chez les mêmes sujets, avaient précédemment totalement échoué, pendant des mois et même des années. Les instants des points d'inflexion sont donc des instants favorables à la thérapeutique.

PATHOLOGIE. — *La pseudopeste des Poules et son neurotropisme* (Recherches d'immunologie comparée). Note de M. **Emmanuel Manoussakis**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

La pseudopeste des Poules est une infection générale à manifestations respiratoires, digestives et parfois nerveuses, ces dernières étant considérées comme complications des formes subaiguës. Or il suffit de ralentir son évolution par la sérothérapie spécifique pour voir s'installer chez les animaux malades la plupart des syndromes nerveux systématisés propres aux infections neurotropes les plus typiques. Nous avons ainsi réalisé en série des monoplégies, des paraplégies, des paralysies ascendantes, des syndromes cérébelleux ou labyrinthiques, des mouvements anormaux de posture de la tête, des syndromes de décérébration, des encéphalites hypertoniques, des paralysies bulbaires, etc.

La pseudopeste des Poules est donc une maladie neurotrope dont la nature exacte a échappé parce que les animaux qui en sont atteints meurent rapidement par suite des troubles respiratoires, circulatoires ou bulbaires, sans avoir le temps d'extérioriser cliniquement l'atteinte des différents territoires nerveux spécialement lésés par le virus. Cette notion du neurotropisme et la possibilité de réaliser à volonté sur un animal presque tous les processus nerveux systématisés, est destinée à éclairer certains problèmes de neuropathologie humaine d'origine infectieuse : c'est ainsi que nous avons pu vérifier un fait important, savoir le rétablissement lent mais très satisfaisant de suppléance des fonctions nerveuses d'orientation, de sensibilité profonde, de synergie et de coordination après atteinte des centres nerveux, et dont la perte semblait irréparable.

Dans le domaine immunologique nous avons pu réaliser également une série de recherches qui précisent les conditions de l'installation de l'immunité, sa valeur, sa durée et les principes qui doivent diriger nos essais sérothérapiques. Voici brièvement exposées ces recherches.

Nous avons reproduit la maladie chez 34 animaux par inoculation de cerveau virulent prélevé quelques minutes après la mort. A ces animaux et à 12 autres rendus malades par exposition à une contamination naturelle, nous avons appliqué la sérothérapie en faisant varier les doses, les intervalles des injections, la durée du traitement et le moment de son application.

Les animaux convalescents ou vaccinés, donneurs des sérums utilisés, étaient saignés soit dès leur guérison, soit plus ou moins longtemps après celle-ci.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

Catégories d'animaux.	Nombre d'animaux en expérience	Pourcentage de mortalité.	Pourcentage de guérison.
Animaux témoins non traités......	45	75,5 %	24,5 %
Animaux traités par le sérum.....	46	52,2 %	47,8 %

La sérothérapie, en doublant approximativement le pourcentage des guérisons, a donc une action curative certaine; mais son action se traduit plus manifestement encore par l'évolution qu'elle imprime à la maladie. En effet, alors que les animaux non traités meurent très rapidement dans la proportion de 75 % au minimum et présentent des troubles d'origine cérébrale (dyspnée intense, cyanose, myasthénie, incontinence des matières fécales, etc.), les animaux traités par le sérum présentent une évolution différente. Tout d'abord on remarque chez eux que les symptômes généraux graves, la dyspnée, la cyanose et l'asthénie s'amendent très rapidement et l'on observe souvent un arrêt définitif de la maladie, fait rarement observé chez les animaux non traités. Les autres animaux traités sont, eux aussi, très améliorés, leur vie se prolonge et l'on voit alors s'installer

chez eux les syndromes nerveux signalés ci-dessus (monoplégies, paraplégies, etc.), dont la plupart guérissent à la longue, ce qui élève le chiffre global de guérisons à 47 %, *chiffre qui n'est jamais observé chez les animaux non traités.*

La conclusion générale qui se dégage de ces expériences est que la sérothérapie a une action curative importante. Il nous reste à préciser dans quelles conditions cette action a paru se manifester au cours de ces expériences.

1° Nous avons noté que les sérums les plus actifs sont ceux qui ont été prélevés 15 à 45 jours après la convalescence;

2° Il faut employer des doses très élevées, de 10 à 30^{cm^3} de sérum par kilogramme d'animal pour obtenir un résultat efficace;

3° Il est préférable d'injecter cette dose d'emblée plutôt que de la fractionner;

4° Il est essentiel d'instituer la sérothérapie au plus tôt et dès que l'animal commence à ne plus manger sa nourriture avec l'empressement naturel dans cette espèce.

Si l'on met en œuvre la sérothérapie après ce symptôme annonciateur de l'invasion, la mortalité ainsi que le pourcentage des cas avec lésions nerveuses systématisées augmentent beaucoup, même si l'on renouvelle les doses de sérum. Lorsque le tableau clinique est réalisé au complet, il est très rare d'obtenir un résultat favorable, le sérum étant complètement incapable d'influencer l'atteinte du système nerveux lorsque celle-ci a déjà été amorcée.

Ces constatations peuvent conduire à des applications à la thérapeutique humaine des infections neurotropes, la poliomyélite en particulier.

MÉDECINE. — *Sur la cause et le traitement de l'ictère grave des Muletons nouveau-nés.* Note de MM. **Jacques Caroli** et **Marcel Bessis**, présentée par M. Léon Binet.

L'ictère grave cause la mort de 8 % des mulets nouveau-nés. Il est classique d'admettre, à la suite des travaux de Donatien, Lestoquard et Sausseau, que cette affection est liée à une piroplasmose causée par le nuttalia équi, mais cette découverte ne semble pas avoir reçu de confirmation décisive : d'une part, le parasite n'a été trouvé qu'inconstamment dans les cas d'ictère du muleton et, d'autre part, il a été mis en évidence fréquemment dans des cas où le muleton ne présentait pas d'ictère. Un autre argument contre cette thèse est que les médications habituelles des piroplasmoses (atoxyl, bleu pyrrol, salvarsan) ne donnent ici aucun résultat.

Nous avons été frappés par l'analogie de l'ictère grave du muleton avec

l'ictère grave du nouveau-né humain et nous avons émis l'hypothèse que, comme dans cette dernière maladie, il devait y avoir une immunisation de la mère contre les globules du fœtus. Il s'agirait donc d'une véritable hétéro-immunisation due à l'hybridité. Cette hypothèse est appuyée par trois ordres de considérations : cliniques, hématologiques et sérologiques.

Considérations cliniques. — 1° On ne relève jamais chez la Jument mulassière des signes qui puissent faire présumer qu'elle soit en puissance d'une maladie chronique quelconque; 2° le muleton naît en parfaite santé et ce n'est que quelques heures après la naissance que la maladie apparaît; 3° tous les éleveurs sont d'accord sur ce point qu'à partir du moment où une jument a donné naissance à un mulet ictérique, tous les autres produits qui naîtront par la suite succomberont d'ictère grave; mais l'expérience a montré que, *saillie par le Cheval, elle donne naissance à des Poulains qui ne sont jamais atteints d'ictère*; 4° la seule différence notable existant entre la maladie du muleton et celle du nouveau-né humain est l'hématurie qui existe exceptionnellement dans la maladie humaine, mais l'on sait que c'est un des symptômes dominants de l'anémie hémolytique expérimentale par anti-sérums.

Considérations hématologiques. — L'examen du sang à l'état frais montre une auto-agglutination intense des globules rouges, la formation de fuseaux érythrocytaires et de la *microsphérocytose*, tous symptômes observés au cours des anémies hémolytiques par antisérum.

Considérations sérologiques. — 1° Le titre d'antibaudet et d'antimulet des *juments tachées de jaunisse* est toujours nettement plus élevé (64 à 128) que celui des juments normales ou des étalons (1-2); 2° nous avons soumis une jument tachée de jaunisse et un Cheval au test de réactivation biologique, c'est-à-dire à l'injection de globules rouges de baudet : les résultats ont été les suivants : le taux de l'antibaudet de la jument tachée a atteint 512 000; le titre de l'antibaudet du cheval injecté dans les mêmes conditions n'est monté qu'à 128. Cette expérience prouve que la jument avait déjà été immunisée; 3° l'examen sérologique d'une jument tachée de jaunisse et de son muleton atteint de la maladie nous a permis de faire les constatations suivantes :

a. Dans le sérum de la jument, le titre de l'antibaudet et de l'antimulet était de 128, le titre de l'antihomme, antirat, antilapin, était aux environs de 32. Il est déjà anormal que les hétéro-agglutinines soient plus élevées pour le baudet et le muleton qui appartiennent à une espèce plus voisine du Cheval que l'Homme, le Lapin et le Rat. De plus, fait essentiel, dans le lait de cette jument, le titre de l'antibaudet et de l'antimulet était de 32, alors que le titre de l'antihomme, antilapin et antirat était de 1/1 chez deux juments normales, le titre de l'antibaudet est de zéro; *b*, le

sérum du muleton malade contenait une agglutinine, active contre les globules du baudet et du mulet, inactive contre les globules du cheval. Il s'agissait donc bien d'un anticorps antibaudet et antimulet transmis passivement de la mère au muleton et il est vraisemblable qu'il est responsable de l'agglutination et, par suite, de l'hémolyse des globules rouges du muleton.

Ces observations préliminaires appuient donc fortement l'hypothèse que l'ictère grave du muleton est dû à l'immunisation de la mère par les globules rouges du fœtus, le passage des anticorps ainsi formés à travers le placenta hémolysant les globules rouges du muleton après la naissance, tout comme on l'observe dans la maladie du nouveau-né humain.

Il est possible que des examens sérologiques approfondis puissent permettre de découvrir des baudets ne contenant pas dans leur organisme des antigènes susceptibles d'immuniser la mère ou des juments incapables de s'immuniser aux antigènes de baudet. Quoi qu'il en soit, à l'heure actuelle, on peut préconiser comme traitement du nouveau-né des transfusions massives de sang *de cheval*, à condition que ce ne soit pas celui d'une jument tachée de jaunisse. Cette thérapeutique est susceptible de guérir la plupart des cas d'ictère grave du muleton.

IMMUNOLOGIE. — *Données préliminaires sur le chimiotactisme lymphocytaire chez les Invertébrés. Cas des Crustacés décapodes* (Cancer pagurus). Note (1) de M. Boris Rybak et Mlle Madeleine Marrec, présentée par M. Émile Roubaud.

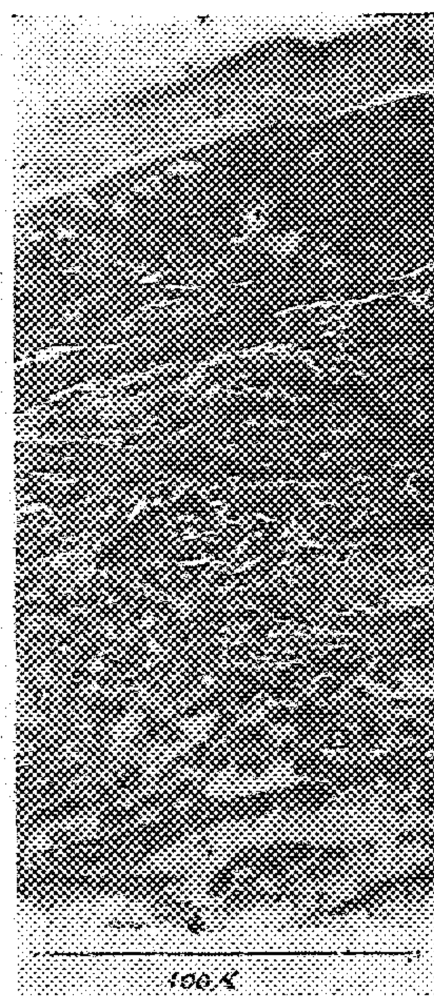
L'étude du tactisme lymphocytaire chez les Invertébrés a été faite jusqu'à présent uniquement en se plaçant du point de vue de la phagocytose (Drew et Cantab, 1910; Hollande, 1920; Jullien, 1923; Cantacuzène, 1923, etc.). Nous avons entrepris d'ébaucher l'étude du tactisme lymphocytaire chez *Cancer pagurus*, dans le but d'en définir le déterminisme, comme, depuis quelques années, les travaux de Delaunay et de ses collaborateurs l'ont précisé dans le cas des polynucléaires des Vertébrés (2).

Avant de donner la technique et les premiers résultats de ces expériences, nous allons décrire succinctement le processus de formation des croûtes de cicatrisation de la carapace qui constituent un cas d'appel lymphocytaire, sans chimiotactisme : lorsqu'un morceau de carapace et de couche membraneuse (couche la plus interne de la carapace) sont enlevés

(1) Séance du 17 mars 1947.

(2) Le fait que le système circulatoire du *Cancer* soit ouvert présente un intérêt particulier.

par découpage à la fraiseuse électrique ou, dans la nature, par traumatisme accidentel, *l'épithélium étant mis à nu* ([3]), un afflux de lymphocytes éosinophiles se produit à l'endroit lésé constituant, par stratifications progressives, une croûte qui noircit par le dépôt de pigments (mélanines) apportés par le plasma sanguin. La croûte définitivement formée, une couche chitino-calcaire vient la doubler intérieurement; au moment de la mue, la croûte tombe, laissant la couche chitino-calcaire se raccorder aux bords lésés de la carapace.



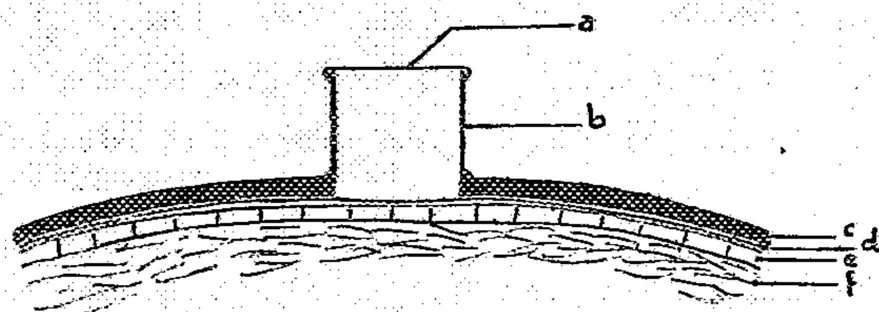


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 1. — Schéma du dispositif expérimental.
a, membrane de collodion recouverte de paraffine; *b*, cellule de Van Tieghem; *c*, carapace; *d*, couche membraneuse; *e*, épithélium; *f*, conjonctif.

Fig. 2.
A, couche membraneuse; B, croûte formée des lymphocytes éosinophiles tassés; C, tissu conjonctif infiltré de lymphocytes; D, lymphocytes éosinophiles.

Utilisant les propriétés de perméabilité de la couche membraneuse, préalablement définies *in vitro*, nous avons réalisé des expériences de parabiose *in vivo*. Pour cela, nous avons utilisé le dispositif expérimental suivant :

([3]) Cette croûte ne se forme pas lorsque la couche membraneuse est restée intacte lors du prélèvement de la carapace et de la couche membraneuse; on n'obtient alors que la formation d'une couche chitino-calcaire; il est important, pour la précision des expériences, de ne pas léser l'épithélium au cours du prélèvement de la couche membraneuse.

Un carré de carapace, de $0^{cm},5$ de côté, étant découpé à la fraiseuse électrique, en prenant bien soin de ne pas léser la couche membraneuse cette fois-ci, une cellule de Van Tieghem est collée sur les bords de la section avec de la paraffine et du collodion; les substances dont les caractères chimiotactiques sont à étudier sont introduites dans le godet ainsi formé, ayant pour fond la couche membraneuse. On le ferme hermétiquement avec une membrane de collodion recouverte ensuite d'une pellicule de paraffine (*fig.* 1).

Substances utilisées. — 1° Bactéries vivantes (en vue d'étudier les corrélations entre les toxines bactériennes et l'immunité) :

a. Une culture pure de bactéries de l'eau de mer, non décrites (Roscoff) à gram négatif, bacilliformes, donnant sur gélose nutritive une culture d'aspect mucoïde a été utilisée; 1 à 2^{cm^3} d'une culture, en bouillon de bœuf non peptoné, de ces bactéries sont introduits dans la cellule.

b. *Eberthella typhosa*, souche 0,901 de l'Institut Pasteur, même montage.

2° Bactéries mortes (mêmes bactéries tuées par la chaleur).

3° Solution de glycogène à 0,002 % (le glycogène étant un des constituants des cellules épithéliales).

4° Solution de peptone Chapoteaut à 10 %.

Dans tous ces cas une croûte *sous-membraneuse*, indiquant un net appel lymphocytaire (cliché), s'est formée au bout de 3 jours en automne ($\theta \# 17°$ C.) et de 15 jours en hiver ($\theta \# 7°$ C.); comparable quant à sa structure histologique, à la croûte de cicatrisation normale décrite ci-dessus (*fig.* 2), elle en diffère uniquement par sa consistance plus molle.

Des témoins à l'eau de mer normale, à l'eau de mer stérile, à l'eau physiologique stérile, au bouillon de Bœuf non peptoné stérile n'ont donné lieu qu'à la formation d'une couche chitino-calcaire sous-membraneuse.

En conclusion, ces résultats constituent, par leur caractère général, une technique efficace d'étude du chimiotactisme lymphocytaire dans le cas de *Cancer pagurus*.

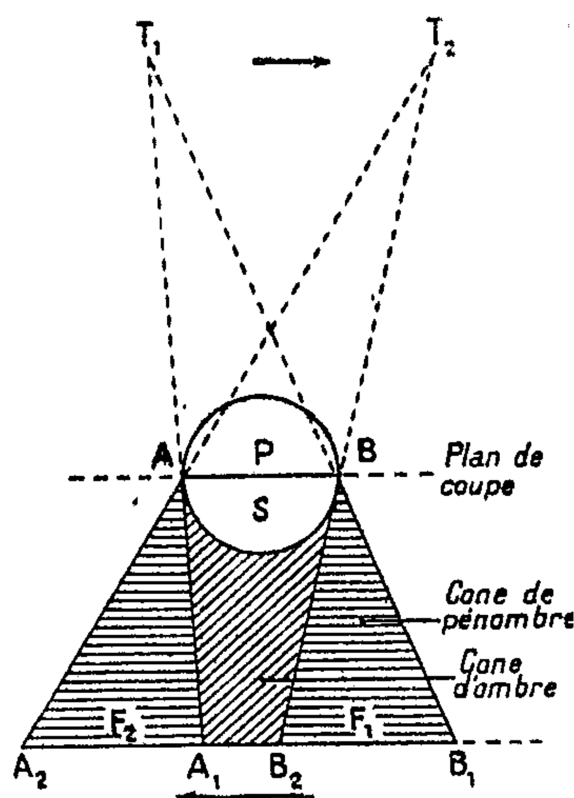
RADIOLOGIE MÉDICALE. — *Effet stratigraphique et coupes horizontales.* Note (¹) de MM. **Charles Frain** et **François Lacroix**, présentée par M. Charles Laubry.

Alors qu'en radiographie ordinaire, l'image résulte d'une sommation d'opacités et de clartés qui correspondent à toute l'épaisseur de l'espace radiographié, l'effet stratigraphique permet de faire apparaître électi-

(¹) Séance du 10 mars 1947.

vement l'image d'une seule couche. Des trois éléments de la prise d'une radiographie, tube à rayons X, sujet, film, la mobilisation durant la prise du cliché d'un de ces éléments permet l'obtention d'une image de couche.

Soient T le tube, P le plan du sujet S à radiographier, F le film. Si pendant la prise du film, le tube se déplace de T_1 en T_2 et le film de F_1 en F_2 (translation de sens inverse), seuls les points contenus dans le plan P verront leurs images se former en un même point du film (*fig.* 1).



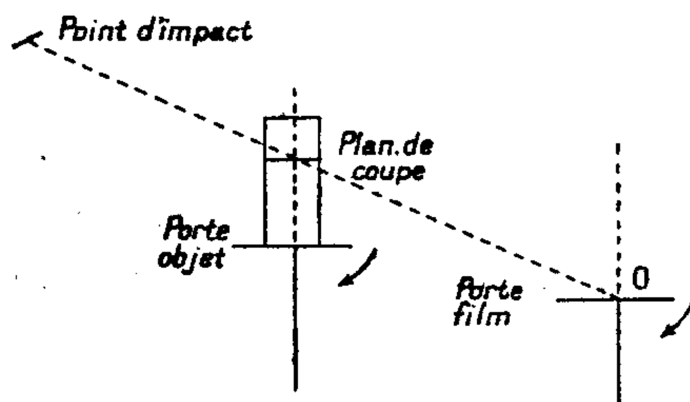
La reconstitution d'un objet, une caverne pulmonaire, par exemple, apparaît donc possible; or, si l'on mesure le diamètre sur le cliché standard, il apparaît, d'après les tomographies, considérablement agrandi dans le sens antéro-postérieur.

L'étude d'un objet simple (sphère opaque) nous a montré la persistance d'images de coupe entourées d'une zone de grisaille, alors que la sphère étudiée n'était plus dans le plan de coupe.

L'étude de la marche des rayons montrent la formation d'un cône d'ombre et de pénombre qui, lorsque le plan équatorial est dans le plan de coupe, ne donne aucune image; mais que la sphère s'éloigne en avant ou en arrière de ce plan privilégié, le cône d'ombre et de pénombre apparaît dans le plan de coupe et joue le rôle de solide virtuel, d'où formation de leurs images. Ce sont ces images qui sont à l'origine de l'agrandissement du diamètre antéro-postérieur de la sphère opaque. Pour obvier à ces inconvénients, nous avons cherché à éliminer le cône d'ombre en balayant le contour de l'objet par une infinité de rayons tangents : ce qui nous a conduits à l'obtention de coupes horizontales.

Le tube est fixe, l'objet et le film sont animés d'un mouvement circulaire synchrone et de même sens.

Soient deux plateaux, l'un porte-objet, l'autre porte-film; le prolongement de leurs axes détermine un plan vertical dans lequel est situé le point d'impact du tube, de telle sorte que le rayon principal passe par le centre O du porte-film; il rencontre le prolongement de l'axe porte-objet et, en ce point, est déterminé, par homothétie, un plan horizontal, le plan de coupe (*fig.* 2).



Les points du plan de coupe jouissent de la propriété que leurs images décrivent sur le plan du film des cercles de centre O, et se forment toujours au même point.

Les images des points situés hors du plan de coupe décrivent des cercles de centre différent dont le rayon est d'autant plus agrandi qu'ils sont plus éloignés et que le faisceau incident est plus oblique. Il en résulte une élimination des images parasites qui permettent des coupes de grande netteté.

Ce procédé permet l'obtention de coupes horizontales assurant une exploration totale de tout le plan étudié avec un pouvoir séparateur élevé. Nous avons obtenu des images de coupe transversale de vertèbre, du crâne; nous l'avons tenté sur le cœur avec des résultats de plus en plus encourageants.

A 15^h55^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h40^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 23 décembre 1946).

Note de M. *Frédéric Gluckmann*, Signification de l'appendice contractile des Singes. Filiation entre l'appendice contractile et l'appendice différencié :

Page 1185, 19e ligne, *au lieu de* compense sa déficience diurne, *lire* compense *plus ou moins efficacement* sa déficience diurne.

(Séance du 20 janvier 1947.)

Note de M. *Richard Wallauschek*, Sur un amplificateur électronique à onde guidée dans un milieu de constante diélectrique élevée.

Page 193, formules (8) et (9), *au lieu de* $x'_{1,2}$ et x'_3, *lire* $jx'_{1,2}$ et jx'_3 et, d'autre part,

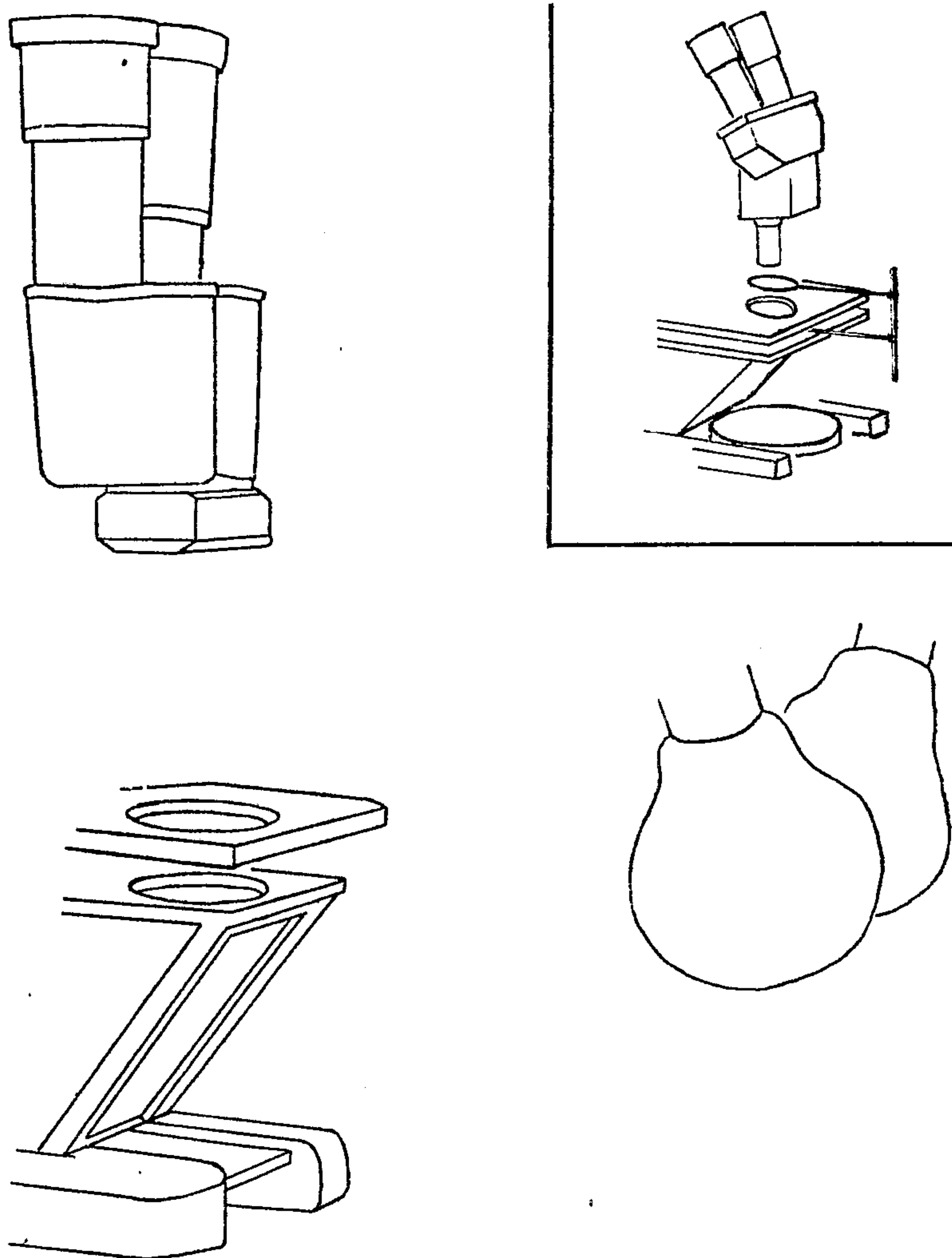
$$\sqrt{B} = \sqrt[3]{\frac{|\rho_0|}{v_0 \varepsilon_0 \omega} K}.$$

Cet erratum annule celui de la page 507, Séance du 17 février 1947, qui contenait plusieurs erreurs typographiques.

(Séance du 24 février 1947.)

Note de M. *Pierre Manigault*, Emploi de la polarisation par réflexion vitreuse dans les loupes et microscopes stéréoscopiques :

Page 649, remplacer la figure par la suivante :



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 MARS 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** informe l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Pâques, la prochaine séance publique aura lieu le mercredi 9 avril au lieu du lundi 7.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la réduction du souffle dans certains analyseurs de télévision à électrons lents.* Note (¹) de M. **René Barthelemy**.

On sait que dans les analyseurs à électrons lents, le faisceau émis par la cathode chaude est accéléré, puis ralenti, jusqu'à une vitesse presque nulle au voisinage de la cible mosaïque; la concentration étant maintenue par un champ magnétique axial et uniforme. J'ai montré, précédemment, qu'une partie seulement de ce faisceau atteignait la cible aux endroits où celle-ci, par un effet photoélectrique, présentait des potentiels positifs et que la modulation ainsi obtenue du faisceau analyseur était transmise, par couplage capacitif, à une couche conductrice transparente reliée à l'impédance d'utilisation. C'est en partant de cette constatation que j'ai introduit une onde porteuse haute fréquence à l'origine de la modulation (²).

On a utilisé, dans certaines réalisations américaines un multiplicateur d'électrons, inclus dans le tube d'analyse, dans le but de diminuer l'importance relative du souffle de l'impédance de sortie de l'analyseur. Dans ce cas on ne peut disposer que des électrons du faisceau qui ne sont pas captés par la cible et qui reviennent sensiblement en direction du point de départ, guidés par le champ magnétique. Ce faisceau de retour comporte aussi la modulation due à la lumière, mais changée de signe. C'est ce flux d'électrons qui entre dans un multiplicateur dont la dernière électrode débite sur une résistance convenablement choisie pour la bande de fréquences à transmettre.

On constate dans ces conditions que le souffle parasite, à amplification

---

(¹) Séance du 24 mars 1947.

(²) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 57.

totale égale, est dû principalement au tube analyseur; il paraît à peu près constant, avec un renforcement dans les parties sombres de l'image. Le gain de sensibilité reste cependant intéressant par rapport à l'utilisation du faisceau incident, mais on est loin du bénéfice théorique.

L'examen d'un tel appareil m'a montré que la fraction modulée du faisceau qui entre dans le multiplicateur est très faible : environ 5 à 10 % de l'intensité moyenne. Il y a donc une partie inutile, dont le souffle s'ajoute à celui de la partie modulée, ce qui explique l'apparence constante de la perturbation. Celle-ci est plus gênante quand l'image ne présente que de faibles composantes, c'est-à-dire dans les parties sombres; c'est aussi à ces endroits que l'intensité de retour est maxima puisque tous les électrons sont refoulés par les parties non éclairées de la cible.

Il est impossible de diminuer notablement l'intensité du faisceau au départ du canon, car on doit conserver une forte réserve pour la neutralisation des parties brillamment éclairées; une insuffisance provoque une élévation importante et irréversible du potentiel de la cible et un arrêt de la transmission. Pour obvier à cet inconvénient, dans un récent modèle dénommé *image orthicon*, les variations de potentiel de la cible sont limitées environ à 1 volt, c'est-à-dire que les vitesses des électrons qui aboutissent à cette cible sont comprises dans cet intervalle. Ce sont évidemment les électrons les plus rapides qui effectuent la neutralisation; or le spectre des vitesses du faisceau est, au voisinage de la cible mosaïque, à une faible constante près, celui des vitesses initiales de l'émission de la cathode à oxydes. La courbe en cloche de cette émission cathodique montre que, dans ces conditions, c'est à peine 1/10 des électrons qui sont utilisés dans la neutralisation de la cible.

Il apparaît donc, dans les deux cas précédents, un bruit de fond supplémentaire provenant de l'amplification d'un terme constant.

Cette étude m'a conduit à préconiser une amélioration basée sur le fait que le faisceau n'est pas monocinétique. Puisque la modulation n'affecte que les électrons les plus rapides au voisinage de l'impact, il en est de même dans le faisceau de retour; on peut donc prévoir, sur son trajet, un filtrage, soit par déviation, soit par une grille convenablement polarisée, qui permettra l'envoi, dans le multiplicateur, de la seule partie utile du courant.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Variantes dans la série C de la classification embryogénique.* Note de M. **René Souèges**.

On définit, comme on sait, les séries dans la classification embryogénique en considérant les formes quadricellulaires de la deuxième génération. La loi des dispositions permet de reconnaître, dans ces formes, des différences essentielles, très apparentes, dépendant de la position verticale, oblique ou horizon-

tale de la paroi de segmentation dans la cellule apicale du proembryon bicellulaire. Si la paroi est verticale, séparant deux cellules supérieures exactement homodynames, la tétrade est dite en T à paroi supérieure verticale; cette tétrade caractérise la série A. Si la paroi est oblique, séparant deux éléments dissemblables et à rôle histogénique bien différent, la tétradre est dite en T à paroi supérieure oblique; elle sert à définir la série B. Enfin, si la paroi est horizontale, isolant deux cellules superposées dont les fonctions, dans la construction du corps, sont nécessairement fort différentes, la tétrade est dite linéaire; elle est à la base de la série C (1).

Dans ces formes quadricellulaires, la cellule basale peut être partagée, à son tour, en deux cellules, par une paroi qui peut être verticale (plutôt oblique, plus ou moins rapprochée de la verticale) ou transversale. Dans le premier cas, la tétrade est appelée *globuleuse*, la segmentation verticale engendrant deux cellules juxtaposées, qui, par leur croissance, tendent à donner à la tétrade une forme ovoïde ou sphérique. Dans le deuxième cas, la tétrade est dite *filamenteuse*, la superposition des deux cellules inférieures, filles de la cellule basale, lui conservant l'aspect d'un filament cellulaire.

Les différences qui se rattachent au processus de la segmentation dans la cellule apicale étant prépondérantes, pour ce qui concerne l'édification de l'embryon, c'est sur ces différences que l'on se base pour établir les séries et les groupes; les différences qu'offre la cellule basale, moins importantes, mais dont il faut néanmoins tenir compte, servent seulement à définir deux variantes dans chacune des trois séries A, B et C. Au total, six variantes seront à considérer : la variante A_1 (globuleuse) et la variante A_2 (filamenteuse) dans la série A; la variante B_1 (globuleuse) et la variante B_2 (filamenteuse) dans la série B; la variante C_1 (globuleuse) et la variante C_2 (filamenteuse) dans la série C.

J'ai déjà montré ailleurs (2) le gros intérêt qui s'attache à la séparation des deux variantes des séries A et B, quels utiles enseignements on pouvait en tirer pour une définition plus précise de certains types primitifs et la détermination de leurs rapports phylogénétiques. Des recherches récentes ont, pour les mêmes raisons, fait ressortir la nécessité de faire état également des deux variantes C_1 et C_2 dans la série C. Cette distinction, en outre, s'impose d'autant plus que les formes dérivées de la série C reproduisent des dispositions qui commandent les grandes divisions des périodes suivantes, que c'est sur ces formes, en somme, que repose l'enchaînement *illimité* des périodes.

A la troisième génération, les formes sont normalement octocellulaires. Si l'on envisage ce qui se passe dans les deux éléments supérieurs superposés, *cc* et *cd*, de la tétrade linéaire, on constate que ces deux éléments se comportent

(1) R. Souèges, *Embryogénie et Classification*, II, Paris, 1939, p. 41.
(2) R. Souèges, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 88, 1941, p. 602.

comme les deux cellules superposées *ca* et *cb* du proembryon bicellulaire, que l'élément *cc*, comme la cellule *ca*, engendre, par segmentation verticale, oblique ou transversale, trois nouvelles tétrades caractéristiques des trois sous-séries

— SÉRIE C —

	Sous-série a		Sous-série b		Sous-série c	
	var. a_1	var. a_2	var. b_1	var. b_2	var. c_1	var. c_2
Variante C_1 — cc, cd, cb — Tétrade linéaire dite globuleuse	cc cd cb	cc cd cb	cc cd cb	cc cd cb	cc cd cb	cc cd cb
Variante C_2 — cc, cd, cb — Tétrade linéaire dite filamenteuse	cc cd cb	cc cd cb	cc cd cb	cc cd cb	cc cd cb	cc cd cb
	3e Groupe	4e Groupe	5e Groupe	6e Groupe	7e Groupe	8e Groupe

Variantes, sous-séries et groupes embryogéniques dans la série C de la classification périodique. Dans es formes représentatives des variantes des sous-séries, formes normalement octocellulaires, les deuxièmes cloisonnements de la cellule basale n'ont pas été figurés. *cb*, cellule basale du proembryon bicellulaire ou ses deux cellules-filles; *cc* et *cd*, cellules-filles de la cellule apicale du proembryon bicellulaire ou leurs deux descendantes.

a, **b** et **c**, et que l'élément *cd*, comme la cellule *cb*, par cloisonnement vertical ou transversal, fait apparaître les deux formes, globuleuse et filamenteuse, de ces trois nouvelles tétrades, commandant, dans chacune de ces trois sous-séries, deux variantes, $\mathbf{a}_1$ et $\mathbf{a}_2$, $\mathbf{b}_1$ et $\mathbf{b}_2$, $\mathbf{c}_1$ et $\mathbf{c}_2$. Si, dans ces six variantes, on veut bien considérer seulement les quatre éléments supérieurs qui sont engendrés par la cellule apicale, on retrouve des tétrades semblables à celles qui tirent origine directement de l'oospore et qui commandent les trois séries A, B, C, et leurs deux variantes A_1 et A_2, B_1 et B_2, C_1 et C_2. Ces nouvelles tétrades serviront à définir les séries de la deuxième période, les variantes $\mathbf{a}_1$ et $\mathbf{a}_2$, les séries A'_1 et A'_2; les variantes $\mathbf{b}_1$ et $\mathbf{b}_2$, les séries B'_1 et B'_2; les variantes $\mathbf{c}_1$ et $\mathbf{c}_2$, les séries C'_1 et C'_2. On retrouvera dans la série C′ des dispositions qui serviront, de la même manière, à définir les séries A″, B″ et C″ de la troisième période; dans la série C″ des formes qui seront à la base des séries suivantes : A‴, B‴ et C‴, etc. Les périodes pourront ainsi s'enchaîner et se succéder sans limites.

Dans le tableau ci-dessus, les divisions de la cellule basale, telles qu'elles se produisent au stade octocellulaire, n'ont pas été figurées; elles peuvent être diverses; elles tendent néanmoins à reproduire d'une manière générale des formes semblables dans les deux variantes C_1 et C_2 de la série. Elles perdent, d'ailleurs, de plus en plus de leur importance, au point de vue histogénique, quand on passe d'une période à une autre. Dans la définition et dans l'étude des groupes embryogéniques, l'attention doit surtout se porter sur les segmen-

tations de la cellule apicale ou de la cellule qui la remplace dans les périodes successives. Car c'est dans ces cellules qu'arrivent à se concentrer ou même à se localiser presque exclusivement les potentialités constructives, et ce sont leurs processus de division qui nous instruiront sur la répartition de ces potentialités au fur et à mesure que progressera la différenciation des parties du corps de l'embryon ou de la plante. On remarquera, d'autre part, que les segmentations au niveau de la cellule apicale se montrent identiques, si l'on compare les formes octocellulaires dérivées des deux variantes C_1 et C_2 de la série dans chacune des deux variantes des trois sous-séries **a**, **b** et **c**. Il n'y a donc pas lieu de considérer séparément les deux formes d'une même variante dans chaque sous-série; on peut les faire figurer dans une même rangée verticale, les laisser dans un même groupe embryogénique.

Les divers cadres et groupements introduits aujourd'hui dans la classification périodique ne sont certainement pas définitifs. Au fur et à mesure que se poursuivront les recherches, la loi des origines et celle des dispositions feront apparaître des types nouveaux qui amèneront d'autres complications, nous obligeant à modifier les schémas déjà établis. Car le développement suit les voies les plus diverses, même les plus enchevêtrées, et les problèmes qui lui sont liés sont, ne l'oublions pas, d'une *formidable complexité.*

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de micronoyaux dans le méristème radiculaire d'*Elymus *asiatiques*. Note (1) de M. **René de Litardière.**

L'objet de cette Note est de signaler une très curieuse particularité cytologique que nous avons observée dans les jeunes racines de trois espèces d'*Elymus* asiatiques : *E. angustus* Trin., *E. akmolinensis* Drobov et *E. junceus* Fisch. (2). Les semences de ces plantes nous ont été envoyées du Jardin botanique de l'Université de Taschkent (Turkestan russe). La germination, qui s'est effectuée très rapidement, en 3 ou 4 jours, a eu lieu dans les conditions où nous opérons d'ordinaire : sur buvard humide en boîtes de Petri, placées à l'obscurité dans une salle dont la température se maintient entre 18 et 20°. Nous avons fait également des semis en serre modérément chauffée, dans des pots contenant du terreau sableux. Les jeunes racines ont été fixées au liquide de Helly; les coupes ont été colorées d'après la méthode de Feulgen, suivie d'une coloration au vert lumière.

Chez l'*Elymus angustus*, par exemple, on remarque dans de nombreuses cellules de la région méristématique, là où les noyaux sont en interphase ou

(1) Séance du 24 mars 1947.

(2) Pour Nevski, les deux premières appartiennent au genre *Aneurolepidium* Nevski : *A. angustum* (Trin.)Nevski, *A. akmolinense* (Drobov) Nevski, la troisième au genre *Psathyrostachys* Nevski : *P. junceus* (Fisch.) Nevski.

en prophase, des corpuscules (ordinairement 1 ou 2 par cellule), de tailles diverses, provenant, selon toute vraisemblance, d'une sorte de bourgeonnement du noyau. Le plus souvent, ils sont situés au milieu du cytoplasme, éloignés du noyau-mère et sans relation sous forme de tractus, avec ce dernier; plus rarement ils se trouvent en contact avec le noyau-mère. Ordinairement ils sont sphériques, parfois ellipsoïdaux. Leur diamètre varie entre 0,5 et $2^{\mu},5$ environ. Les plus petits se montrent comme des globules fortement chromatiques, dans lesquels une structure est peu discernable, mais que l'on devine non homogène. Dès que leur taille s'accroît, leur structure devient de plus en plus nette et ils se présentent comme des micronoyaux offrant exactement la même organisation que des noyaux normaux. Elle répond au *type filamenteux* classique ([3]) : au milieu d'un nucléoplasme incolore ou faiblement rosé, tractus filamenteux fortement chromatiques(colorés en rouge violacé intense) portant de petits épaississements plus ou moins granuleux, nucléole sphérique, coloré en vert. Ces micronoyaux existent également dans la zone supraméristématique, mais sont plus rares que dans le méristème.

Nous avons observé les mêmes particularités dans les jeunes racines d'*Elymus akmolinensis* et *junceus*; toutefois chez cette dernière espèce les micronoyaux sont un peu moins fréquents.

L'origine des micronoyaux des *Elymus* nous paraît résider dans un bourgeonnement du noyau normal de la cellule. L'existence de noyaux pourvus de petites apophyses, que l'on peut quelquefois constater dans certaines cellules et celle de micronoyaux se trouvant en contact avec les noyaux-mères, sont en faveur de cette origine.

Au cours des recherches que nous poursuivons depuis 35 ans sur la caryocinèse somatique dans les méristèmes radiculaires des Végétaux supérieurs, il ne nous a jamais été donné d'observer semblable particularité. Nous pensons qu'il s'agit là d'un processus pathologique, bien que les racines soient tout à fait normales, qu'elles ne renferment aucun parasite et que leur méristème soit très actif, offrant de nombreuses figures de caryocinèse à tous les stades. Chez les *Elymus* que nous avons cités, l'existence des micronoyaux n'est pas fortuite, car nous avons pu en constater dans *toutes* les racines que nous avons examinées.

Nous avons supposé qu'une substance toxique pouvait exister dans l'eau de conduite ([4]) dont nous imbibions le buvard ou la terre sur lesquels germaient les plantes, et que cette substance était susceptible de provoquer le

---

([3]) Cet *Elymus*, de même que les nombreuses autres espèces du genre que nous avons étudiées, n'offrent pas de noyaux à polarité chromatique, comme on l'observe chez certains *Hordeum*. Les *Elymus angustus* et *akmolinensis* possèdent $2n = 28$, l'*E. junceus* $2n = 14$. Les nombres chromosomiques de ces espèces n'avaient pas encore été mentionnés.

([4]) Cette eau est cependant une eau de source, non javellisée.

bourgeonnement nucléaire. Nous avons effectué en même temps que nos semis d'*Elymus* et, dans des *conditions absolument identiques*, des semis d'espèces diverses, par exemple *Athraxon ciliaris* P. Beauv. (provenant également du Jardin de Taschkent), *Brachypodium distachyon* (Torn.) Roem. et Schult., *Hordeum murinum* L. subsp. *leporinum* (Link) Arc., *Asphodelus fistulosus* L., *Ormenis scariosa* (Ball) R. Lit. et Maire, *Crepis palæstina* (Boiss.) Bornm. Aucune de ces plantes ne nous a offert les particularités constatées chez les *Elymus angustus, akmolinensis* et *junceus*. Disons aussi que les nombreuses espèces d'*Elymus* (5) que nous avons étudiées durant l'année 1946, au cours des recherches que nous poursuivons sur la caryologie des Graminées, se sont montrées tout à fait normales.

De ces faits, il résulte, pensons-nous, que certains *Elymus* seraient sensibles à une action plus ou moins toxique dont la cause nous échappe complètement, action susceptible de provoquer un bourgeonnement nucléaire, alors que d'autres espèces du genre seraient réfractaires.

La formation des micronoyaux chez les *Elymus* est très intéressante en ce qui concerne l'origine des nucléoles. En effet, comme nous l'avons indiqué plus haut, les micronoyaux présentent exactement la même organisation que les noyaux-mères dont ils dériveraient, possédant appareil chromosomique et nucléole. Or dans les noyaux-mères nous n'avons jamais pu constater une fragmentation du nucléole ou des deux nucléoles existant et qui sont éloignés des parties bourgeonnantes. Nous estimons donc que le nucléole présent dans les micronoyaux est très probablement de *néo-formation*. Dans ce cas, cet organite proviendrait d'une véritable *sécrétion* à partir des filaments chromosomiques. Ce fait va à l'encontre de la thèse de la continuité de la substance nucléolaire au cours de la cinèse, thèse que nous avions admise jusqu'ici. Les nouveaux nucléoles qui, normalement, apparaissent à la télophase dans les espaces interchromosomiques, proviendraient, pensions-nous, non d'une néoformation, mais d'une précipitation de la substance nucléolaire contenue dans la partie de l'ancien fuseau qui a été englobée dans le noyau-fille (6).

BIOGÉOGRAPHIE. — *L'indice holarctique*. Note de M. PAUL DE PEYERIMHOFF.

La glaciation du Quaternaire a bouleversé les flores et les faunes sur les trois quarts de l'hémisphère Nord. Elle a substitué en partie, à l'élément paléotropical primitif, l'élément arctotertiaire jusqu'alors concentré, au moins depuis

(5) *E. Caput-Medusæ* L., *E. duhuricus* Turcz., *E. canadensis* L., *E. glaucus* Burckl., *E. arenarius* L., *E. sabulosus* Marsch.-Bieb., *E. propinquus* Fres., *E. virginicus* L., *E. striatus* Willd., *E. curvatus* Piper, *E. dasystachys* Trin. [= *Aneurolepidium dasystachys* (Trin.) Nevski].

(6) R. DE LITARDIÈRE, *Comptes rendus*, **200**, 1934, pp. 341-343. Dans cette Note, p. 341, ligne 13, il y a lieu de lire : *substance nucléolaire*, et non *substance nucléaire*.

le début du Nummulitique, sur la zone circumpolaire. Ces deux éléments, grâce à leur différenciation précoce et à une séparation géographique et climatique prolongée, sont restés très distincts. L'ancienneté des lignées arctotertiaires est attestée par des genres, parfois même par des catégories supérieures (sous-familles, tribus, etc.). Peut-on, à l'aide de relevés statistiques, établir leur proportion par région, et la variation locale des chiffres est-elle capable de mesurer l'action de l'influence glaciaire sur la répartition actuelle des êtres vivants ? Tel est l'objet de cette Note, où le matériel est choisi dans l'ordre, très riche, des Insectes Coléoptères.

Si, dans une collection limitée appartenant à l'hémisphère Nord, la Paléarctide occidentale par exemple (Euroméditerranée, Archipels atlantiques, Sahara), on distribue les genres de Coléoptères d'après le degré de leur localisation, quatre séries apparaissent : les *endémiques*, exclusifs à la région, les *eurasiatiques*, limités à l'Europe et à tout ou partie de l'Asie tempérée, les *holarctiques*, répandus sur toute la zone tempérée de l'hémisphère, ou au moins sur l'Europe et l'Amérique du Nord, enfin les *diffus*, qui s'étendent plus ou moins sur les régions tropicales et australes du globe. Ici, les quelque 2600 genres de Coléoptères autochtones de la collection se partagent en 930 endémiques (35,77 %), 345 eurasiatiques (13,27 %), 375 holarctiques (14,42 %) et 950 diffus (36,54 %). Le dosage, bien entendu, variera dans les compartiments géographiques de l'ensemble, c'est-à-dire avec les faunes locales.

De ces quatre variables, les deux premières sont individuellement indépendantes : le nombre des endémiques croît rapidement avec la richesse du peuplement et par suite avec l'étendue des territoires étudiés, celui des eurasiatiques croît lentement avec la proximité vers l'Orient (Asie). Chez l'une et l'autre, la catastrophe glaciaire a pu abaisser les chiffres primitifs, mais les chiffres actuels sont incapables de traduire en quoi que ce soit son action. Au contraire, les deux autres variables sont complémentaires : quand l'une croît, l'autre diminue. C'est parce que les holarctiques, en immense majorité, ne sont autre chose précisément, que ces arctotertiaires chassés vers le Sud et qui se sont en partie substitués aux paléotropicaux, eux-mêmes décimés par le froid. On conçoit que l'opposition des deux chiffres traduise les mouvements de va et vient N.-S. que l'action glaciaire et ses épisodes ont provoqués chez les êtres vivants, et donne finalement sa résultante actuelle.

Écartant donc les deux variables indépendantes et limitant le calcul aux deux variables complémentaires, il se trouve une formule simple qui exprimera cette résultante. Soient H le chiffre des holarctiques et D le chiffre des diffus, on appellera *indice holarctique* "i" la proportion de H donnée par la relation $i = 100\,H/(H+D)$.

Calculé sur les chiffres donnés ci-dessus, l'indice holarctique pour la collection de la Paléarctide occidentale devient

$$i = \frac{100 \times 375}{375 + 950} = 28,30.$$

Le voici pour les compartiments majeurs de la région :

	H.	D.	*i.*
Paléarctide occidentale, Atlantides et Sahara exclus..	374	892	29,54
Europe non méditerranéenne..........................	350	640	35,35
Méditerranée européenne............................	265	759	25,88
Méditerranée totale................................	273	864	24,01

Voici enfin la gamme de décroissance de l'indice dans une vingtaine de faunes locales allant de la Laponie suédoise (68° L. N.) au Sahara (du 20° au 32° L. N. environ).

	H.	D.	*i.*
Laponie suédoise....	109	107	50,46
Fenno-Scandinavie...	293	498	37,04
Iles Britanniques....	250	457	35,36
Danemark..........	244	461	34,61
Allemagne..........	319	559	36,33
France continentale..	328	691	32,19
Italie continentale...	325	702	31,64
Italie péninsulaire...	263	671	28,16
Corse..............	165	559	22,79
Sardaigne...........	156	575	21,34
Sicile..............	172	609	22,02
Péninsule ibérique...	175	608	22,35
Baléares............	90	388	18,83
Berbérie............	195	705	21,66
Archip. atlantiques..	52	284	15,48
Açores.............	19	95	16,67
Madère............	33	175	15,86
Canaries............	42	261	13,86
Lanzarote et Fuerteventura..........	16	125	11,35
Sahara.............	27	373	6,75

Tel qu'il a été imaginé et calculé, l'indice holarctique n'est applicable, cela va de soi, qu'à des collections situées sur l'hémisphère boréal. Mais aurait-il, dans la région néarctique, la même allure que dans la région paléarctique? Très expressif pour des faunes riches et des organismes étroitement soumis aux influences climatiques, comme sont les Insectes et beaucoup d'autres Arthropodes terrestres, vaudrait-il pour les autres êtres vivants ? Il serait vain de raisonner à cet égard. La statistique répondra, si l'on veut bien la dresser.

En tous cas, pour les Coléoptères propres à la Paléarctide occidentale, la sensibilité et la fidélité de l'indice holarctique sont frappantes. Quelles que soient la composition qualitative et l'importance numérique des faunes, on le voit décroître suivant une gamme allant de 50 pour la zone arctique à 6 pour la zone saharienne, et traduire ainsi l'affaiblissement progressif vers le Sud de l'action glaciaire aujourd'hui stabilisée. On constate aussi son abaissement dans les îles qui, mieux garanties que les continents contre cette action, ont gardé plus d'éléments paléotropicaux et reçu moins d'arctotertiaires. De même, les chiffres des archipels atlantiques sont pleins d'intérêt, notamment la forte chute de l'indice dans les deux Canaries subdésertiques. Bien d'autres commentaires pourraient être donnés, mais ils dépasseraient les limites de cette Note.

DÉSIGNATIONS.

L'**Université de Bordeaux** invite l'Académie à se faire représenter aux Fêtes et Cérémonies qui auront lieu à l'occasion du demi-millénaire de sa fondation, les 21 et 22 mai 1947.

MM. **Luc Picart** et **Henri Devaux** sont désignés.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Frederic Stratton** et **Alexandre Dauvillier** sont élus Correspondants pour la Section d'Astronomie en remplacement de MM. *Frank Schlesinger*, décédé, et *W. S. Adams*, élu Associé étranger et M. **Patrick Blackett** est élu Correspondant pour la Section de Physique générale en remplacement de M. *Niels Bohr*, élu Associé étranger.

CORRESPONDANCE.

La **Geological Society of London** et le Comité général d'organisation de l'**International Geological Congress** invitent l'Académie à se faire représenter à la XVIII[e] Session de ce Congrès, qui se tiendra à Londres en 1948.

La **Ligue Suisse pour la protection de la Nature** invite l'Académie à se faire représenter à la Conférence qui se tiendra à Brunnen, du 28 juin au 3 juillet 1947.

(Renvoi aux Sections de Botanique, d'Anatomie et Zoologie.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Georges Curasson. *Maladies infectieuses des animaux domestiques.* Tomes I et II.

2° Robert Ph. Dollfus. *Parasites (animaux et végétaux) des Helminthes. Hyperparasites, ennemis et prédateurs des Helminthes parasites et des Helminthes libres. Essai de compilation méthodique.* Préface de Émile Brumpt.

3° Louis Dubertret. *Géologie du site de Beyrouth avec Carte géologique au 1/20000[e]. — Lithogical Map of the eastern border of the Mediterranean.*

4° *Notes et Mémoires* publiés sous la direction de M. Louis Dubertret, Tome I. *Contribution à l'étude géologique de la Syrie septentrionale. Le miocène en Syrie et au Liban*, par Louis Dubertret, Henri Vautrin, Alexandre Keller, Élisabeth David. Tome II. *Contribution à l'étude géologique de la côte libano-syrienne. I. Stratigraphie. II. Paléontologie*, par Louis Dubertret, Henri Vautrin, Alexandre Keller, Juliette Pfender, Éliane Basse, Colette Dechaseaux, Louis Doncieux.

Tome III. *Études paléontologiques*, par Mmes Éliane Basse, Rita Dubertret, Mlle Geneviève Delpey, MM. Frédéric Roman, Jean Roger, J. de Guilhermier, Louis Dubertret.

5° Julien Gautier. *La mise en valeur des pays du Logone. — Conditions techniques de la production cotonnière en Afrique Noire.*

M. Émile **Henriot**, élu Correspondant pour la Section de Physique générale, adresse ses remercîments à l'Académie.

THÉORIE DES GROUPES. — *Représentations continues des groupes topologiques abéliens dans le groupe additif des nombres réels.* Note [1] de M. **Jean Riss**, présentée par M. Élie Cartan.

I. 1. Une partie [2] A d'un groupe G est dite *stable* [3] si $A^2 \subset A$. Si $A \subset G$, il existe une *plus petite* partie stable A^* de G contenant A.

Définition 1. — *On dit qu'une partie* A *d'un groupe abélien* G *est convexe si* $x^n \in A^n$ *entraîne* $x \in A$.

Si $A \subset G$, il existe une *plus petite* partie convexe $k(A)$ de G contenant A.

Définition 2. — *Si* G *est muni d'une topologie définie à l'aide d'un système fondamental* $\mathfrak{V}$ *de voisinages de l'élément neutre e, on appellera convexe topologique de* $A \subset G$ *la partie* $K(A) = \bigcap_{V \in \mathfrak{V}} k(AV)$.

Dans l'ensemble des parties de G, l'opération $A \to K(A)$ est *idempotente* et K(A) est un ensemble *convexe et fermé*.

2. $F = k(\{e\})$ désignant l'ensemble des éléments d'ordre *fini* de G, toute représentation f de G dans $\mathbf{R}$ (groupe additif des nombres réels) est composée d'une représentation f' de $G' = G/F$ dans $\mathbf{R}$ et de l'application canonique de G sur G'. Pour que f soit continue, il faut et il suffit que f' le soit. Dans ce qui suit nous supposerons donc que $k(\{e\}) = e$.

3. L'application du *théorème de Zorn* à l'ensemble ordonné (par la relation $\subset$) *inductif* des parties stables contenues dans une partie donnée montre qu'il existe de telles parties *maximales*. Pour tout sous-groupe H de G, il existe alors une partie stable S telle que S, S^{-1} et $k(H)$ forment une *partition* de G; les parties stables maximales correspondant à $H = \{e\}$ seront appelées des *semi-groupes*. On peut à tout semi-groupe attacher la *relation d'ordre* $xS \subset yS$. G, muni de cette relation, est *totalement ordonné* et réciproquement. Si G est muni d'une topologie *non* discrète, *l'intérieur* $\mathring{S}$ et *l'adhérence* $\overline{S}$ de S satis-

(1) Séance du 24 mars 1947.

(2) Nous utilisons la terminologie et les notations des *Éléments de Mathématique* de N. Bourbaki (*Actualités scientifiques et industrielles*, nos 846, 858, 916 et 934).

(3) N. Bourbaki, *op. cit.*, *Algèbre*, Ch. I, 6.

font à $\ddot{S} = \complement \bar{S}^{-1}$, $\ddot{S}\bar{S} = \ddot{S}$ et si $\ddot{S} \neq 0$, il existe a tel que $\bar{S} \subset a\mathring{S}$; d'autre part, $K(\{e\}) = \bigcap_{S} \bar{S}$.

4. Soit K un sous-groupe de G. L'ensemble des sous-groupes H de G tels que le produit KH soit *direct* est *inductif* (s'il est ordonné par la relation $\subset$); si H en est un élément *maximal* pour tout x de G il existe alors un entier n (> 0) et $k \in K$, $h \in K$ tels que $x^n \in KH$ [ce qui pourrait s'écrire $G = k(KH)$]; si $f(k)$ est une représentation de K dans **R**, en posant $\bar{f}(x) = 1/n f(k)$ (qui ne dépend que de x) on définit une représentation de G dans **R**, qui *prolonge* $f(k)$ et qui sera continue si $f(k)$ l'est et si K est ouvert.

II. Soit S un semi-groupe, $s \in S$, $P(S, s) = (s^{-1} S)^{\infty}$ et $G(S, s) = P \cap P^{-1}$. Pour tout $x \in G(S, s) \cap S^{-1}$ et pour tout entier positif p il existe un *plus petit entier* (x, p) tel que $x^p s^{(x, p)} \in S \cup \{e\}$, et on a le

Théorème 1. — *Quand $p \to \infty$, il existe une limite pour $(x, p)/p$ et en la désignant par $d_s(x)$ on a $d_s(x) = \inf_p (x, p)/p$. En posant $d_s(e) = 0$ et pour tout $x \in G(S, s) \cap S$ $d_s(x) = -d_s(x^{-1})$, on obtient une représentation de* $G(S, s)$ *dans* **R** *qui n'est pas identiquement nulle car $d_s(s) = -1$.*

Proposition I. — *Toute représentation de* G *dans* **R** *peut s'obtenir par ce procédé.*

En vertu de I.4, la représentation de $G(S, s)$, obtenue au théorème 1, peut se *prolonger* en une représentation de G dans **R**, donc d'après la proposition I, s'obtenir à partir de S′ et s' et l'on a certainement $S' \neq S$ comme il en résulte du

Théorème 2. — *Si* $G(S, t) \subset G(S, s)$, *on a $d_t(x) = d_t(s) d_s(x)$.*

Théorème 3. — *Pour que $f(x)$ définie à partir de* S *et s soit une représentation continue de* G *dans* **R**, *il faut et il suffit que* $\mathring{S}$ *ne soit pas vide.*

Théorème 4. — *Pour qu'un groupe topologique abélien* G *soit continûment représentable dans* **R**, *il faut et il suffit que* $K(\{e\}) \neq G$.

Ce théorème (ainsi que tout ce qui suit) est valable dans tous les cas c'est-à-dire même si $k(\{e\}) \neq \{e\}$.

L'hypothèse $K(\{e\}) = G$ est équivalente à : quels que soient x et V il existe un entier n tel que $x^n \in V^n$.

$K(\{e\})$ est la *plus grande* partie de G sur laquelle s'annule toute représentation continue de G dans **R**.

Théorème 5. — *Dans tout groupe topologique abélien* G *il existe un sous-groupe* H, *dans lequel le convexe topologique de* $\{e\}$ *se réduit à* $\{e\}$, *tel que le produit* $K(\{e\})H$ *soit direct et que* $G = k[K(\{e\})H]$.

Théorème 6. — *Si* $K(\{e\}) = \{e\}$, G *est biunivoquement et continûment représentable sur un sous-groupe d'un produit topologique* $E = \prod_f R_f$, *où les* $R_f = f(G)$ *sont les images de* G *par les représentations continues f.*

Théorème 7. — *Si le groupe d'automorphismes de* G *est transitif on a* $K(\{e\}) = \{e\}$, *ou* $K(\{e\}) = G$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les moyennes hémisphériques.*
Note de M. **Ou 'Sing' Mo**, présentée par M. Jacques Hadamard.

M. J. Hadamard a été conduit ([1]) en 1901 à déterminer une fonction $U = U(x, y, z)$ par l'équation intégrale

$$t M'_t(U) = W(y_0, z_0, t),$$

où $M'_t(\Phi)$ désigne la valeur moyenne de la fonction Φ sur l'hémisphère

$$x = +\sqrt{t^2 - (y - y_0)^2 - (z - z_0)^2}.$$

Il a obtenu des conditions nécessaires pour l'existence d'une solution. Les deux premières sont :

1° que l'on puisse effectuer sur W, un nombre quelconque de fois et dans un ordre quelconque, les deux opérations

$$\mathfrak{T}_{y_0} W = y_0 W + \frac{\partial}{\partial y_0}\int_0^t t' W\, dt', \qquad \mathfrak{T}_{z_0} W = z_0 W + \frac{\partial}{\partial z_0}\int_0^t t' W\, dt';$$

2° que ces deux opérations soient permutables.

Le but de la présente Note est d'établir que 2° est une conséquence de 1°. Plus précisément, en tenant compte d'un théorème de Schwarz ([2]) :

Si $\mathfrak{T}_{yz} W = \mathfrak{T}_y(\mathfrak{T}_z W)$ *existe et est continue* ([3]), $\mathfrak{T}_{zy} W$ *existe aussi et l'on a*

$$\mathfrak{T}_{yz} W = \mathfrak{T}_{zy} W.$$

En effet,

$$\begin{aligned}\mathfrak{T}_{yz} W = \mathfrak{T}_y(\mathfrak{T}_z W) &= y(\mathfrak{T}_z W) + z\frac{\partial}{\partial y}\int_0^t t' W\, dt' + \frac{\partial}{\partial y}\int_0^{t'} t'\left(\frac{\partial}{\partial z}\int_0^{t''} t'' W\, dt''\right) dt \\ &= y(\mathfrak{T}_z W) + z\frac{\partial}{\partial y}\int_0^t t' W\, dt' + \frac{\partial^2}{\partial y\,\partial z}\int_0^t t'\, dt'\int_0^{t'} t'' W\, dt'',\end{aligned}$$

l'opération étant légitime, puisque la quantité $\int_0^t t'\, dt' \int_0^{t'} t'' W\, dt'$ est continue.

$\mathfrak{T}_{yz} W$ étant supposé continue, il en est de même pour le dernier terme de l'égalité précédente. D'où la conclusion énoncée.

La quantité qui est différentiée par rapport à y et à z s'écrit

$$\int_0^t t'' W(t'')\frac{t^2 - t''^2}{2}\, dt''.$$

([1]) *Princeton University Bulletin*, 13, 1902. Voir aussi *Le problème de Cauchy*, Paris, 1932. Une faute de calcul a été corrigée par Hilbert et Courant (*Methoden der Mathematischen Physik*, t. II).

([2]) *Gesammelte Mathematische Abhandlungen*, p. 281.

([3]) Pour que $\mathfrak{T}_{yz} W$ soit exécutable, il n'est pas nécessaire que W possède des dérivées.

D'une manière générale, si W admet les opérations

$$T_l = \mathfrak{F}_y^\alpha \mathfrak{F}_z^\beta \ldots \mathfrak{F}_z^\lambda \qquad (l = 1, 2, \ldots, n),$$

produits de $\alpha + \beta + \ldots + \lambda = l$ opérations $\mathfrak{F}_y$, $\mathfrak{F}_z$ effectuées dans un ordre quelconque, les expressions

$$\overline{W}_p = \int_0^t t'(t^2 - t'^2)^{p-1} W(x, y, z, t')\, dt', \qquad (p = 1, 2, \ldots, n)$$

admettront toutes les dérivées d'ordre p et nous aurons, s'il y a h opérations $\mathfrak{F}_y$ et k opérations $\mathfrak{F}_z$, dans T_l $(h + k = l)$,

$$(1)\quad T_l W = P_l W + \sum_{p=1}^{h} \sum_{q=0}^{p} A_{2p-q,q} \frac{\partial^{2p-q} P_l}{\partial y^{2p-q}} \frac{\partial^q \overline{W}_p}{\partial y^q}$$
$$+ \sum_{p'=1}^{k} \sum_{q'=0}^{p'} A_{2p'-q',q'} \frac{\partial^{2p'-q'} P_l}{\partial z^{2p'-q'}} \frac{\partial^{q'} \overline{W}_{p'}}{\partial z^{q'}}$$
$$+ \frac{1}{2} \sum_{p=1}^{h} \sum_{q=0}^{p} \sum_{p'=1}^{k} \sum_{q'=0}^{p'} B(p, p') A_{2p-q,q} A_{2p'-q',q'} \frac{\partial^{2(p+p')-q-q'} P_l}{\partial y^{2p-q}\, \partial z^{2p'-q'}} \frac{\partial^{q+q'} \overline{W}_{p+p'}}{\partial y^q\, \partial z^{q'}}$$

avec $\quad P = y^h z^k, \qquad A_{2p-q,q} = 1/2^{2p-q-1}(p-q)!\,(p-1)!\,q!, \qquad B(p, p') = \dfrac{\Gamma(p)\,\Gamma(p')}{\Gamma(p+p')}.$

C'est ce qu'on vérifie de proche en proche en passant d'une valeur quelconque de l à la suivante.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur une extension d'un théorème de Minkowsky.* Note de M. H. **Davenport**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Un théorème célèbre de Minkowski concerne le produit de deux formes linéaires non homogènes. Soient

$$L_1 = \alpha x + \beta y, \qquad L_2 = \gamma x + \delta y$$

deux formes linéaires homogènes à coefficients réels et à déterminant $\Delta \neq 0$. Le théorème affirme qu'il existe, pour n'importe quels nombres réels c_1, c_2, des entiers x, y tels que

$$(1)\qquad |(L_1 + c_1)(L_2 + c_2)| \leq \frac{1}{4} |\Delta|.$$

On a fait une hypothèse analogue pour n formes linéaires de n variables, avec une constante $1/2^n$ au lieu de $1/4$. Jusqu'ici ce résultat n'a été démontré que pour $n = 3$ (par Remak) et pour $n = 4$ (par Dyson).

Le théorème de Minkowski est susceptible d'une autre expression, et celle-ci suggère également une extension. Écrivons

$$L_1 L_2 = ax^2 + bxy + cy^2 = Q(x, y),$$

alors $Q(x, y)$ est une forme quadratique indéfinie à discriminant $b^2 - 4ac = \Delta^2$. Déterminons x_0, y_0 de sorte que

$$\alpha x_0 + \beta y_0 = c_1, \qquad \gamma x_0 + \delta y_0 = c_2.$$

Le théorème affirme qu'il existe, pour n'importe quels nombres réels x_0, y_0, des entiers x, y tels que

$$|Q(x + x_0, y + y_0)| \leqq \frac{1}{4}|\Delta|.$$

L'extension dont j'ai fait mention est relative aux formes quadratiques indéfinies à plusieurs variables. (On voit facilement qu'un tel résultat ne peut subsister pour les formes définies.)

Soit, en particulier, $Q(x, y, z)$ une forme quadratique indéfinie ternaire à déterminant $D \neq 0$. On demande s'il existe une constante k telle qu'il se trouve toujours des entiers x, y, z satisfaisant à

$$(2) \qquad |Q(x + x_0, y + y_0, z + z_0)| \leqq k|D|^{\frac{1}{3}};$$

et dans ce cas, quelle est la valeur minimale de k. J'ai démontré le théorème suivant, qui répond à ces deux questions.

On peut toujours trouver des entiers x, y, z tels que

$$(3) \qquad |Q(x + x_0, y + y_0, z + z_0)| \leqq \left(\frac{27}{100}|D|\right)^{\frac{1}{3}};$$

mais pour la forme particulière

$$(4) \qquad Q = x^2 + 5y^2 - z^2 + 5yz + zx$$

et les valeurs particulières $x_0 = 1/2$, $y_0 = 1/2$, $z_0 = 0$, on ne peut pas satisfaire à l'inégalité (3) *au sens strict.*

La démonstration se base sur plusieurs lemmes ([1]). Un de ceux-ci possède peut-être un intérêt intrinsèque; il affirme qu'on peut vérifier les inégalités

$$-\nu|\Delta| \leqq (L_1 + c_1)(L_2 + c_2) \leqq \mu|\Delta|$$

[au lieu de (1)], pourvu que les constantes positives μ, ν aient un produit $\mu\nu \geqq 1/16$.

J'ai démontré en outre qu'il existe une constante absolue $k < (27/100)^{\frac{1}{3}}$ telle qu'on puisse toujours satisfaire à (2), pourvu que la forme Q ne soit pas proportionnelle à une forme équivalente à la forme particulière (4). Ce résultat est remarquable en tant qu'il révèle une situation toute différente de celle qui se présente dans le cas du théorème de Minkowski lui-même ([2]).

([1]) La démonstration des résultats énoncés dans cette Note paraîtra dans *Acta Mathematica*.

([2]) Voir ma Note dans les *Proc. K. Akad. Wet. Amsterdam*, 49, 1946, pp. 815-831 (Théorème 2).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un critère de compacité pour les fonctions continues.* Note [1] de M. **István Fáry**, présentée par M. Gaston Julia.

Nous allons démontrer un théorème caractérisant les ensembles compacts de fonctions continues, la compacité étant comprise dans le sens que tout sous-ensemble contient une suite partielle convergeant vers une fonction-limite continue [2].

Pour la commodité de l'écriture nous ne considérons que des fonctions définies dans l'intervalle (a, b). Nous nous servons de la notion de quasi-égale-continuité, définie de la manière suivante :

Les fonctions formant un ensemble E *sont dites quasi-également-continues au point x si à toute quantité $\varepsilon > 0$ et à toute suite $\{x_n\}$ tendant vers x, on peut attacher un entier* N, *dépendant de ε et $\{x_n\}$, de manière que chaque fonction $f(x) \in E$ satisfasse au moins à une des inégalités*

$$|f(x) - f(x_1)| < \varepsilon, \quad |f(x) - f(x_2)| < \varepsilon, \quad \ldots, \quad |f(x) - f(x_N)| < \varepsilon.$$

Cela étant, nous avons le

THÉORÈME. — *Soit* E *un ensemble de fonctions $f(x)$ définies et continues dans l'intervalle (a, b). Pour que* E *soit compact, au sens que tout sous-ensemble de* E *contient une suite partielle convergeant vers une fonction-limite continue, il faut et il suffit, que, pour chaque valeur de x,* 1° *l'ensemble des valeurs $f(x)$ soit borné,* 2° *les fonctions $f(x)$ soient quasi-également-continues.*

I. *Nécessité.* — La condition (1°) étant évidemment nécessaire, nous n'avons qu'à considérer la seconde. Supposons qu'elle soit en défaut, c'est-à-dire qu'il y ait un point x_0, une suite $x_m \to x_0$ et une quantité $\varepsilon_0 > 0$, de sorte qu'à chaque N il corresponde une fonction $f_N(x)$ telle que

$$(1) \quad |f_N(x_0) - f_N(x_1)| \geqq \varepsilon_0, \quad |f_N(x_0) - f_N(x_2)| \geqq \varepsilon_0, \quad \ldots, \quad |f_N(x_0) - f_N(x_N)| \geqq \varepsilon_0.$$

Remplaçons la suite $\{f_N(x)\}$ par une suite partielle $\{g_N(x)\}$ convergeant dans (a, b) vers une fonction continue $g(x)$. Écrivons

$$|g_N(x_0) - g_N(x_k)| \leqq |g_N(x_0) - g(x_0)| + |g(x_0) - g(x_k)| + |g(x_k) - g_N(x_k)| = I_1 + I_2 + I_3$$

Grâce à la continuité de $g(x)$, on a $I_2 < \varepsilon/6$ pour k assez grand ; en fixant un tel k, nous pouvons, déterminer $N > k$ de manière que I_1 et I_3 soient aussi $< \varepsilon/6$. Alors $|g_N(x_0) - g_N(x_k)| \geqq \varepsilon/2$, en contradiction avec (1).

II. *Suffisance.* — Supposons que l'ensemble E satisfasse aux conditions (1°), (2°) du théorème, et démontrons le lemme suivant.

---

[1] Séance du 24 mars 1947.

[2] D'après un théorème de M. M. Fréchet [*Les espaces abstraits*, Paris, 1928, p. 163 (note)] l'ensemble des fonctions continues est, avec cette définition des suites *convergentes*, un espace ($\mathcal{L}$), qui n'est pas métrisable.

LEMME. — *Étant donnés un sous-ensemble infini* E′ *de* E, *une quantité* $\varepsilon > 0$ *et une suite* $x_n \to x$, *il existe un entier* N *tel que, pour chaque valeur fixe de* $n (n \geq N)$, *on ait* $|f(x) - f(x_n)| < \varepsilon$ *pour une infinité de fonctions* $f(x) \in E'$.

Dans le cas contraire on pourrait faire correspondre à N un $n_N > N$, de sorte que $|f(x) - f(x_{n_N})| < \varepsilon$ n'ait lieu que pour un nombre fini d'éléments de E′. D'autre part, il suit de la condition (2) que, pour tout $f(x) \in E'$, au moins une des inégalités

$$|f(x) - f(x_{n_1})| < \varepsilon, \qquad |f(x) - f(x_{n_2})| < \varepsilon, \qquad \ldots, \qquad |f(x) - f(x_{n_N})| < \varepsilon$$

a lieu; il y en a donc au moins une qui a lieu pour une infinité de fonctions $f(x) \in E'$; cette contradiction prouve le lemme.

Cela étant, soit E′ un sous-ensemble infini de E. Grâce à la condition (1) on peut tirer de E′, par le procédé diagonal, une suite $\{f_n(x)\}$ convergeant pour tout $x = r$ rationnel de (a, b); soit $g(r) = \lim_{n=\infty} f_n(r)$. Nous disons que $\{f_n(x)\}$ converge alors en tous les points x, et cela vers une fonction continue. Il suffit de montrer à cet effet que les fonctions $\overline{g}(x) = \lim\sup f_n(x)$ et $\underline{g}(x) = \lim\inf f_n(x)$ sont égales et continues.

Soit $x = \xi$ arbitraire, $v_n \to \xi$ (v_n rationnels) et $f_{n_k}(\xi) \to \overline{g}(\xi)$. De l'inégalité

$$(2) \quad |\overline{g}(\xi) - g(v_n)| \leq |\overline{g}(\xi) - f_{n_k}(\xi)| + |f_{n_k}(\xi) - f_{n_k}(v_n)| + |f_{n_k}(v_n) - g(v_n)| = I_1 + I_2 + I_3,$$

il suit que $|\overline{g}(\xi) - g(v_n)| < \varepsilon$ pour n assez grand. En effet, en appliquant le lemme à $E' = \{f_{n_k}(x)\}$, ε et $\{x_n\} = \{v_n\}$, il s'ensuit, que pour n fixé, $n \geq N$, on a $I_2 < \varepsilon/3$ pour une suite partielle infinie de $\{f_{n_k}(x)\}$ (dépendant d'ailleurs du choix de n). Parmi les éléments de cette suite partielle, il y en a certainement qui rendent I_1 et $I_3 > \varepsilon/3$. Donc $g(v_n) \to \overline{g}(\xi)$. On obtient par un raisonnement analogue que $g(v_n) \to \underline{g}(\xi)$, ce qui prouve que $\overline{g}(x) \equiv \underline{g}(x) \equiv g(x)$.

En remplaçant, dans (2), $\overline{g}(x)$ par $g(x)$ et $\{v_n\}$ par une suite $\{x_n\}$ arbitraire tendant vers x, on obtient que $g(x_n) \to g(x)$, donc $g(x)$ est continue.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les solutions bornées de quelques équations intégrales singulières*. Note [1] de M. **NIKOLA OBRECHKOFF**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $p(x)$ une fonction de la variable réelle x, intégrable dans chaque intervalle $(0, X)$, $X > 0$, et telle que l'intégrale $\int_0^\infty |p(x)|\,dx$ existe. Posons

$$(1) \qquad p_n(x) = \int_0^x p_{n-1}(t)\,p(x-t)\,dt, \qquad p_1(x) = p(x)$$

---

[1] Séance du 17 mars 1947.

et supposons que ces fonctions satisfont aux conditions suivantes :

$$(2)\qquad \lim_{n\to\infty}\int_0^h |p_n(x)|\,dx = 0, \qquad \lim_{n\to\infty}\int_h^\infty |p_n(x)-p_n(x-h)|\,dx = 0$$

pour chaque $h > 0$. On peut démontrer les théorèmes suivants :

I. *Soit $f(x)$ une solution de l'équation*

$$(3)\qquad f(x) = \int_0^\infty p(t)f(x+t)\,dt, \qquad x > \alpha,$$

qui est bornée pour $x > \alpha$, c'est-à-dire que $|f(x)| < \mu$, $x > \alpha$. Alors $f(x)$ est une constante.

II. *Soit $\varphi_n(x)$ une suite de fonctions, liées par les relations*

$$(4)\qquad \varphi_n(x) = \int_0^\infty p(t)\,\varphi_{n+1}(x+t)\,dt \quad (n = 0, 1, 2, \ldots), \qquad x > \alpha.$$

Si

$$|\varphi_n(x)| < \mu, \qquad x > \alpha \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots),$$

les fonctions $\varphi_n(x)$ séront égales à une même constante $(x > \alpha)$.

Nous obtenons, par exemple : soient $p(x) \geqq 0$, $\int_0^\infty p(x)\,dx = 1$, et supposons que la fonction

$$(5)\qquad g(s) = \int_0^\infty e^{-sx}p(x)\,dx$$

est holomorphe dans le demi-plan $H[R(s) > -\alpha',\ \alpha' > 0]$ et que dans H on a $g(s) = o(|s|^{-k})$ pour $|s| \to \infty$, où k est un nombre positif. Alors les conditions (2) sont satisfaites et les théorèmes 1 et 2 sont valables. On a l'inégalité suivante plus précise

$$(6)\qquad \int_0^{a(1-\varepsilon)n} p_n(x)\,dx < K\mu^n, \quad \varepsilon > 0, \quad \mu < 1,$$

où $a = -g'(0)$ et μ, K sont des constantes qui dépendent seulement de ε et $p(x)$. Alors l'inégalité $|\varphi_n(x)| < \mu$ dans le théorème 2 peut être remplacée par $|\varphi_n(x)| < \mu$ pour $x > a(1-\varepsilon)n$ et $|\varphi_n(x)| < m_n = o(\mu^{-n})$ pour $\alpha < x \leqq a(1-\varepsilon)n$. Par exemple, on a : a. de $|\varphi_n(x)| < \mu$, $x > \alpha$ et

$$\varphi_n(x) = \frac{1}{\Gamma(\lambda)}\int_0^\infty e^{-t}t^{\lambda-1}\varphi_{n+1}(x+t)\,dt, \quad \lambda > 0,$$

il suit que les fonctions $\varphi_n(x)$ $(n = 0, 1, 2, \ldots)$ sont égales à une même constante C, $x > \alpha$. Pour $\lambda = 1$ on en déduit immédiatement un théorème de M. Y. Tagamlitzki [1] : de $|f^{(n)}(x)| < \mu e^{-x}$ pour $x > \alpha$, $n \geqq 0$, il suit que

[1] *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 940.

$f(x) = \mu_1 e^{-x}$. Dans les cas particuliers des théorèmes I et II on peut aller plus loin, en suivant des méthodes élémentaires de l'analyse réelle.

On peut traiter de la même manière les équations intégrales de la forme

$$f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} p(t) f(x+t)\,dt$$

et les fonctions $\psi_n(x)$ liées par les relations

$$\psi_n(x) = \int_{-\infty}^{\infty} p(t)\psi_{n+1}(x+t)\,dt.$$

Dans ce cas, au lieu de la fonction (5), on considère la fonction

$$g_1(s) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-sx} p(x)\,dx.$$

Par exemple, on a la proposition suivante :

b. De

$$|\psi_n(x)| < \mu, \qquad -\infty < x < \infty \qquad \text{et} \qquad \psi_n(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-t^2}\psi_{n+1}(x+t)\,dt,$$

il suit que $\psi_n(x) = \mu'$ $(n = 0, 1, 2, \ldots)$, μ' étant une constante. On peut supposer seulement que $|\psi_n(x)| < m'_n = o\left(\sqrt{n}\, e^{n\delta^2}\right)$ pour $|x| > \delta > 0$ et $|\psi_n(x)| < \mu$ pour $-\delta \leqq x \leqq \delta$.

La même démonstration s'applique aux fonctions de plusieurs variables réelles. Comme exemple, nous avons la généralisation suivante de la proposition *a*. : De $|\varphi_n(x, y)| < \mu$ $(n = 0, 1, 2, \ldots)$ pour $x > a$, $y > b$ et de

$$\varphi_n(x, y) = \frac{1}{\Gamma(\lambda)\Gamma(\mu)} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} e^{-t-u} t^{\lambda-1} u^{\mu-1} \varphi_{n+1}(x+t, y+u)\,dt\,du, \qquad (\lambda > 0, \mu > 0),$$

il découle que les $\varphi_n(x, y)$ sont égales à une constante.

Dans le cas $\lambda = \mu = 1$, on a : Si la fonction $f(x, y)$ est dérivable indéfiniment pour $x > a$, $y > b$ et si

$$\left|\frac{\partial^{2n} f(x, y)}{\partial x^n\, \partial y^n}\right| < \mu\, e^{-x-y} \qquad (n = 0, 1, 2, 3, \ldots; x > a, y > b),$$

on aura $f(x, y) = \mu' e^{-x-y}$ pour $x > a$, $y > b$, μ' étant une constante.

De la même manière, on obtient des résultats analogues pour les suites a_n vérifiant les équations $a_n = \sum_{\nu=-\infty}^{\infty} p_\nu a_{n+\nu}$ ou pour les suites $b_n^{(m)}$ $(n = \ldots, -1, 0, 1, 2, \ldots; m = 0, 1, 2, \ldots)$, qui satisfont aux conditions $b_n^{(m)} = \sum_{\nu=-\infty} p_\nu b_{n-\nu}^{(m+1)}$. En introduisant l'intégrale de Stieltjes, on peut unir en un seul les deux cas (des fonctions et des suites de nombres).

ÉQUATIONS INTÉGRALES. — *Sur deux applications de la tranformation de Laplace.* Note de M. **Maurice Parodi**.

1. *Étant donnée l'équation intégrale en* $f(t)$

$$\int_0^\infty K(x)f(x+t)\,dx = g(t), \tag{1}$$

nous proposons de déterminer le noyau $K(x)$ *de façon que la solution de* (1) *soit de la forme*

$$f(t)=\int_0^\infty K(x)g^{n}(x+t)\,dx \qquad \left[g^{(n)}(u)=\frac{d^n g}{du^n}\right]. \tag{2}$$

Nous avons, dans un travail antérieur (1), étudié l'équation (1); en posant, au sens de Laplace,

$$f(t)\subset\psi(z), \qquad g(t)\subset\theta(z),$$

elle peut être considérée comme la transformée, prise par rapport à z avec t pour paramètre de transformation, de la relation

$$\int_0^\infty K(x)\,e^{-xz}\psi(z)\,dx=\theta(z),$$

d'où l'on tire

$$\psi(z)=\frac{\theta(z)}{\int_0^\infty K(x)\,e^{-xz}\,dx}.$$

Ainsi $f(t)$ est l'image de $\psi(z)$; la relation (2) conduit par suite à l'équation

$$f(t)=\int_0^\infty e^{-tz}\frac{\theta(z)\,dz}{\int_0^\infty K(x)\,e^{-xz}\,dx}=\int_0^\infty K(x)g^{n}(x+t)\,dx. \tag{3}$$

Mais

$$g^{n}(t)=(-1)^n\int_0^\infty e^{-tz}z^n\theta(z)\,dz,$$

donc

$$g^{n}(t+x)=(-1)^n\int_0^\infty e^{-(t+x)z}z^n\theta(z)\,dz,$$

et (3) devient

$$\int_0^\infty e^{-tz}\frac{\theta(z)\,dz}{\int_0^\infty K(x)e^{-xz}\,dx}=(-1)^n\int_0^\infty K(x)\,dx\int_0^\infty e^{-z(t+x)}z^n\theta(z)\,dz,$$

ou encore, en supposant que l'interversion des intégrales soit possible,

$$\int_0^\infty e^{-tz}\frac{\theta(z)\,dz}{\int_0^\infty K(x)e^{-xz}\,dx}=(-1)^n\int_0^\infty e^{-zt}\theta(z)\,dz\,z^n\int_0^\infty e^{-zx}K(x)\,dx.$$

(1) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 485.

Cette relation veut

$$\frac{1}{\int_0^\infty \mathrm{K}(x)\, e^{-xz}\, dx} = (-1)^n z^n \int_0^\infty \mathrm{K}(x)\, e^{-xz}\, dx,$$

d'où

$$\int_0^\infty e^{-xz}\mathrm{K}(x)\, dx = (\pm 1)(-1)^{\frac{n}{2}} \frac{1}{z^{\frac{n}{2}}}.$$

On en déduit (en supposant $n > 0$) la forme du noyau

$$\mathrm{K}(x) = (\pm 1)(-1)^{\frac{n}{2}} \frac{x^{\frac{n}{2}-1}}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}.$$

En supposant, bien entendu, que les intégrales aient un sens, le problème est résolu.

Remarquons que pour $n = 0$, $\mathrm{K}(x) \supset 1 \subset \delta(x)$, $\delta(x)$ étant la fonction de Dirac; c'est la condition pour que l'équation (1) admette pour solution une intégrale réciproque.

II. Nous avons, d'autre part, étudié les équations du type (²)

$$(4) \qquad \int_0^\infty \mathrm{K}(x, t) f(x)\, dx = g(t),$$

où

$$\mathrm{K}(x, t) \supset \psi^{\nu+1}(p)\, e^{-x\psi(p)}.$$

Cherchons la forme de $\mathrm{K}(x, t)$ *pour que* (4) *ait une solution du type*

$$(5) \qquad f(t) = \int_0^\infty \mathrm{K}(x, t)\, g(x)\, dx,$$

Posons $\varphi(p) \subset f(x)$, $\theta(p) \subset g(t)$; la transformée de (4) par rapport à t est

$$\int_0^\infty \psi^{\nu+1}(p)\, e^{-x\psi(p)} f(x)\, dx = \theta(p),$$

et l'on en déduit

$$\psi^{\nu+1}(p)\, \varphi[\psi(p)] = \theta(p),$$

ou, en posant $\psi(p) = q$, soit $p = \rho(q)$,

$$\varphi(q) = \frac{\theta[\rho(q)]}{q^{\nu+1}}.$$

La forme (5) de la solution conduit à la relation

$$\frac{1}{q^{\nu+1}}\, \theta[\rho(q)] = \int_0^\infty e^{-qt}\, dt \int_0^\infty \mathrm{K}(x, t)\, g(x)\, dx = \psi^{\nu+1}(q)\, \theta[\psi(q)].$$

(²) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 870.

qui est satisfaite, quel que soit θ, pour

$$\psi(p) = \frac{1}{p}.$$

On en déduit

$$K(x, p) \supset \frac{1}{p^{\nu+1}} e^{-\frac{x}{p}} \subset t^{\frac{\nu}{2}} x^{-\frac{\nu}{2}} J_\nu(2\sqrt{xt}).$$

ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES. — *Sur la transmission des ondes* (H_0) *dans les guides à section circulaire*. Note de M. **Marc Jouguet**.

Dans un guide cylindrique de rayon r_0, à une même valeur propre α, racine de l'équation $J_1(\alpha r_0) = 0$, correspondent trois ondes : une onde (H_0) et deux ondes (E_1) de même structure, mais orientées à angle droit l'une par rapport à l'autre. Soit (E'_1) celle dont la composante longitudinale du champ électrique est nulle dans le plan méridien d'azimut $\varphi = 0$; l'autre sera désignée par (E''_1). Si l'axe est courbé suivant un cercle de grand rayon R, dans le plan $\varphi = \pi/2$, il y a trois valeurs propres voisines de α et égales respectivement, en négligeant des termes en $1/R^2$, à α, $\alpha + \delta\alpha$ et $\alpha - \delta\alpha$, $\delta\alpha$ étant proportionnel à $1/R$. A la première, correspond une onde peu différente de (E'_1); aux deux autres, deux ondes du type ($H_0 + KE''_1$) (¹).

Considérons ces dernières. K est le rapport des constantes d'amplitude des deux composantes (H_0) et (E''_1) et le rapport des énergies transportées par les deux composantes est $\eta = (1/2)|K|^2$. Les deux ondes correspondent à deux valeurs différentes de K, K_1 et K_2, et nous les appellerons onde (K_1) et onde (K_2).

Si le guide est parfaitement conducteur, $K = \pm\sqrt{2}$ et $\eta = 1$. Si la paroi a une conductibilité σ finie, mais grande, et si $|R|$ n'est pas trop grand, η diffère peu de 1; K_1 et K_2 sont voisins de $\pm\sqrt{2}$. D'une façon précise, ε étant un nombre donné et petit, si

$$(1) \qquad |R| \leqq \varepsilon \frac{k r_0}{\alpha k_z} \sqrt{\frac{4\pi k \sigma}{c}} \qquad \left(k = \frac{2\pi}{\lambda},\ k_z^2 = k^2 - \alpha^2\right),$$

η est compris entre 1 et $1 - \varepsilon$. Il y a, à peu près, équipartition de l'énergie entre les deux composantes. Mais il y a un affaiblissement exponentiel et le facteur d'affaiblissement γ est la moyenne des facteurs γ_0 et γ_1 des ondes (H_0) et (E_1) du guide rectiligne. Pour un guide en cuivre et pour la première valeur propre α ($\alpha r_0 = 3{,}83$), avec $\lambda = 1^{\text{cm}}$, $r_0 = 5^{\text{cm}}$ et $\varepsilon = 0{,}04$, la condition (1) donne $|R| \leqq 100^{\text{m}}$.

Pour des courbures très faibles (ou des résistivités relativement fortes), les ondes (K_1) et (K_2) se réduisent sensiblement, l'une à une onde (H_0),

(¹) *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 107 et 549.

l'autre à une onde (E''_1), avec des affaiblissements respectifs peu différents de γ_0 et γ_1.

D'une façon précise, pour que η soit inférieur à ε, il faut que

$$|R| \geqq \frac{1}{\sqrt{\varepsilon}} \frac{k r_0}{\alpha k_2} \sqrt{\frac{2\pi k \sigma}{c}}. \tag{2}$$

Dans le cas particulier qu'on vient de considérer, cette condition donne $R = 9000^m$.

Soit maintenant une onde (H_0) qui se propage dans une partie rectiligne du guide et qui aborde une partie courbée. Elle donne naissance à deux ondes (K_1) et (K_2) qui se propagent avec des vitesses de phase différentes. Cet ensemble équivaut à une onde (H_0) et à une onde (E''_1) dont les amplitudes sont variables le long du guide.

1° Quand la condition (1) est remplie, presque toute l'énergie passe alternativement de la forme (H_0) à la forme (E''_1). Aux points du guide où l'axe a tourné d'un angle $(n+1/2)\theta_0$, avec

$$\theta_0 = 155° \frac{\lambda}{r_0}, \tag{3}$$

et n entier, toute l'énergie est sous forme (E''_1). Si, en l'un de ces points, le guide redevient rectiligne, l'onde (H_0) se trouve entièrement transformée en onde (E''_1). Au contraire, aux points où l'axe a tourné de $n\theta_0$, toute l'énergie est sous forme (H_0) et si le guide redevient rectiligne, l'onde (H_0) se retrouve seule. Aux variations d'amplitude de (H_0) et de (E''_1) (qui sont sinusoïdales si $\sigma = \infty$), se superpose un affaiblissement exponentiel, indépendant de la courbure, avec un facteur $\gamma = (1/2)(\gamma_0 + \gamma_1)$. Mais l'effet Joule qui en est la cause n'est pas uniforme le long du guide. Si $\gamma_0 < \gamma_1$, il est surtout important dans les parties où (E''_1) prédomine.

2° Quand la condition (2) est remplie, les oscillations d'amplitude de (H_0) sont faibles et l'amplitude de (E''_1) n'atteint pas de valeurs importantes. L'affaiblissement reste voisin de γ_0.

Considérons enfin un guide rectiligne, mais présentant des courbures accidentelles. La courbure moyenne est nulle. Soit $1/R_0$ son écart moyen. Une onde (H_0) se conserve, à peu près, tout le long du guide, car suivant le sens de la courbure, c'est l'onde (K_1) ou l'onde (K_2) qui prend de l'avance sur l'autre, de sorte qu'en moyenne, elles restent en phase. Si R_0 vérifie (2), l'onde (H_0) se transmet avec l'affaiblissement γ_0. Mais si R_0 vérifie (1), bien que l'onde (E''_1) n'apparaisse qu'avec des amplitudes très faibles, l'affaiblissement est beaucoup plus grand, de l'ordre de $(1/2)(\gamma_0 + \gamma_1)$. S'il n'y avait que les pertes par effet Joule, il différerait peu de γ_0. L'affaiblissement supplémentaire est dû à ce que, aux endroits où la courbure varie rapidement, des ondes parasites, du type (E_1), en particulier, sont produites aux dépens de l'onde (H_0).

On peut donc conclure que, dans un guide rectiligne, l'onde (H_0) est à peu

près stable ([2]) pour des courbures accidentelles qui se compensent en moyenne, mais que son affaiblissement ne conserve, à peu près, sa valeur théorique γ_0, que si ces courbures sont extrêmement faibles, de façon précise, si elles satisfont à la relation (2).

RAYONS X. — *Radiographie électronique de minerais*. Note ([1]) de MM. **Charles Legrand** et **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Dans des travaux antérieurs ([2]) l'un de nous a indiqué le principe d'une méthode de radiographie par *réflexion*, utilisant les électrons secondaires émis sous l'influence d'un faisceau de rayons X pénétrants.

Différentes applications, mentionnées dans d'autres publications, découlent de cette méthode ([3]). Le but de cette Note est d'en signaler une nouvelle, qui a trait à l'étude des minerais.

Soit un minerai constitué de divers éléments, de préférence de numéros atomiques assez éloignés. On prépare, suivant les techniques employées en Minéralogie, une coupe polie de l'ordre du centimètre carré; un film à grains fins est appliqué énergiquement contre cette face polie, l'émulsion étant au contact du minerai. L'échantillon et le film sont disposés sur un anneau servant de support dans un châssis spécial; une garniture de cire assure une bonne fixation de façon que la face à examiner s'applique exactement contre le couvercle du châssis, qui est placé à 30^{cm} d'un tube à rayons X fonctionnant sous une tension constante de 180 kV (courant 3 mA). La radiation X incidente, filtrée par 3^{mm} de cuivre, traverse d'abord le film avant de frapper la face polie de l'échantillon; celui-ci émet des photoélectrons qui viennent impressionner en retour l'émulsion sensible, produisant un noircissement proportionnel au numéro atomique. Le film, exposé une dizaine de minutes, est ensuite développé, agrandi et examiné.

On obtient ainsi de beaux clichés électroniques de la surface, dont les figures 1 et 2 montrent des exemples. Le cliché 1 est relatif à une galène juxtaposée à de l'arséniure de nickel, avec des inclusions de quartz; le plomb apparaît en noir, l'arséniure de nickel en gris et le quartz, composé d'éléments

---

([2]) Certaines de nos conclusions antérieures, sur la stabilité de cette onde, ont été exprimées sous une forme trop absolue (*Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 537-538, notamment). La présente Note, croyons-nous, précise en quoi elles étaient excessives et dans quelle mesure elles sont valables.

([1]) Séance du 24 mars 1947.

([2]) J.-J. Trillat, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 833; **214**, 1942, p. 164; **216**, 1943, pp. 179 et 683.

([3]) J.-J. Trillat, *Bull. Soc. Electr.*, III, 25, 1943; J.-J. Trillat et C. Legrand, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 645.

légers (Si et O), en blanc. Le cliché 2 est relatif à un minerai d'uranium, où apparaissent en noir les éléments uranifères, en gris foncé les composés à base de Pb, et en blanc les éléments légers.

Fig. 1.

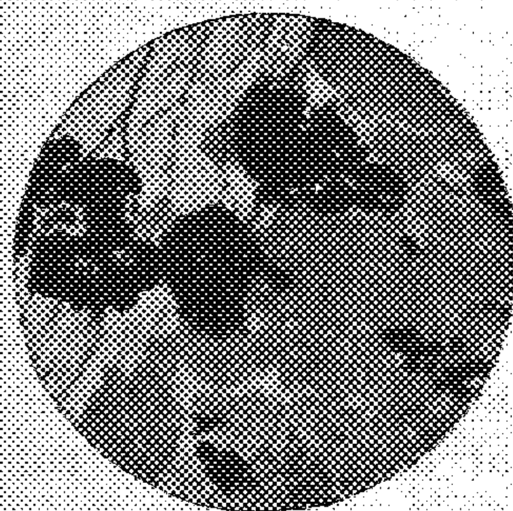


Fig. 2.

L'interprétation minéralogique des résultats obtenus avec ces minerais et avec d'autres sera donnée dans un autre Recueil. On remarquera seulement ici la grande simplicité de la méthode, susceptible d'apporter dans certains cas des renseignements complétant ceux fournis par les méthodes usuelles; de plus, il est possible, ainsi que nous l'avons montré antérieurement, de réaliser par ce procédé une véritable analyse chimique et de déceler la présence de fines inclusions d'éléments lourds ou d'hétérogénéités chimiques. Ce procédé peut en outre être combiné à la microradiographie ordinaire (par rayons X), qui fournit également des résultats intéressants, mais qui nécessite l'emploi de coupes minces (¹).

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le poudrage électrique des végétaux au moyen de mélanges de poudre et de composés organiques complexes.* Note de M. Oleg Yadoff, présentée par M. Camille Gutton.

Nous avons indiqué précédemment (¹) le principe d'un procédé de poudrage électrique de végétaux obtenu par simple projection des poudres à travers une tuyère génératrice de vitesses supersoniques, et nous avons indiqué une hypothèse sur le mécanisme d'électrisation des grains de poudre dans un jet d'air supersonique. Des résultats positifs ont été obtenus avec les farines fossiles (Ceynatite, Raudanite, Tellurine), avec la chaux, la craie, le talc, le soufre (dit en fleur), etc. Par exemple, avec la poudre fine de soufre, la vitesse du jet à la sortie de la tuyère étant 420 m/s,

(¹) J.-J. Trillat et P. Urbain, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 534.

(¹) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 544; 223, 1946, p. 788.

le potentiel électrique d'une sphère collectrice de 10 cm de diamètre continuellement frappée par ce jet, s'est élevé à 14 200 volts; le débit en soufre a été trouvé égal à 3 g/s, la pression du réservoir d'air étant 4,5 kg/cm². Dans les mêmes conditions, mais à la pression de 3,5 kg/cm², la vitesse supersonique étant 380 m/s, le débit mesuré était de 2,9 g/s et le potentiel obtenu de 11 000 volts. Lors de ces essais nous avons constaté que l'état hygrométrique du jet air-poudre, ainsi que de l'atmosphère ambiante, modifiait notablement les conditions d'électrisation, cette dernière pouvant même changer de signe. Tenant compte de cette observation, nous avons pris la précaution d'effectuer toutes nos expériences comparatives à la même valeur de l'état hygrométrique, maintenu à 0,45.

Le but de cette Note consiste surtout à montrer que le procédé en question est parfaitement applicable aux différents mélanges de poudres. Pour cela nous avons effectué, dans des conditions ci-après spécifiées, toute une série d'expériences avec des mélanges tels que : soufre-kieselguhr, soufre-talc, soufre-chaux, soufre-craie, soufre-talc-craie, soufre-talc-craie-chaux-terres d'infusoires; SO^4Cu, H^2O-chaux, SO^4Cu, $5H^2O$-chaux, arséniate de plomb-chaux, arséniate de plomb-chaux-soufre, arséniate de calcium-chaux, arséniate de calcium-chaux-soufre, diméthyl dithiocarbonate de fer-chaux, composés organiques complexes tels que la poudre de pyrèthre, etc.

Dans tous les cas nous avons trouvé un effet d'électrisation. La différence d'électrisation entre les corps simples (soufre, talc, chaux, craie, etc.) et les composés ci-dessus indiqués est faible à la sortie de la tuyère, mais elle augmente sensiblement, sauf pour les composés contenant du soufre, à mesure qu'on s'éloigne suivant l'axe du jet. Pour les composés contenant du soufre, les potentiels électrostatiques obtenus sont sensiblement de même valeur que ceux obtenus avec le soufre seul. Tenant compte de la persistance de l'électrisation dans l'espace et dans le temps, il faut conclure que, dans de tels composés, c'est l'électrisation du soufre qui est prépondérante. Mais les arséniates de plomb mélangés avec la craie ou la chaux, sans soufre, gardent aussi leur état d'électrisation. Par exemple, à la vitesse de 420 m/s, la pression du réservoir d'alimentation étant de 4,5 kg/cm², le potentiel relevé sur la sphère collectrice de 10 cm de diamètre est de 12 300 volts au lieu de 14 200 volts enregistré pour le soufre. La poudre de pyrèthre, essayée dans les mêmes conditions, donne 8500 volts environ et la diméthyl dithiocarbonate de fer, 6800 volts.

Il en résulte que, malgré la reproduction du phénomène d'électrisation dans le cas de tous les corps simples ou composés ci-dessus indiqués, il existe une différence nette en pratique entre les corps simples, les sels métalliques et les composés organiques complexes. Nous reviendrons ultérieurement sur le cas du soufre; il nous semble, dès maintenant, que

sa supériorité au point de vue électrisation doit être surtout attribuée à ses qualités physicochimiques (à plusieurs reprises nous avons relevé les charges plusieurs jours après le traitement).

L'appareil utilisé se compose d'un corps cylindrique en laiton, terminé par un tronc de cône. A la partie inférieure une grille laisse passer la poudre qui tombe dans une chambre spéciale en contact avec le jet d'air : un tube d'arrivée d'air traverse cette chambre et se termine par la tuyère de pulvérisation. La pression d'air peut être réglée au moyen d'un détenteur et le débit au moyen d'un robinet.

L'électrisation de poudres se produisant uniquement au sein du jet même, dans aucun cas l'appareil utilisé n'exige un isolement électrique, l'opérateur ne courant aucun danger.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Hauteur et nature des aspérités sur les surfaces de cuivre polies électrolytiquement.* Note de M. HENRI FRISBY.

Le polissage électrolytique du cuivre par la méthode de Jacquet fournit une surface brillante. Comme elle n'a pas subi d'abrasion mécanique, on pouvait prévoir qu'elle serait dépourvue de la couche amorphe de Beilby qui recouvre les métaux polis [1].

Les travaux de Moore [2] ont montré, à l'aide de la diffraction électronique, qu'on pouvait obtenir, à partir de surfaces polies électrolytiquement, des diagrammes assez nets correspondant à l'oxydule. Moore opérait par réflexion d'un pinceau d'électrons sur une surface d'un monocristal de cuivre. L'interprétation des diagrammes obtenus s'appuie sur l'hypothèse que les électrons traversent de fines aspérités sur la surface, hypothèse déjà admise par divers chercheurs (Thomson, Trillat, Finch, Yamaguti). Le diagramme est ainsi identique au diagramme de transmission au travers d'un film mince de métal. Or, on explique en général le polissage électrolytique par une érosion des aspérités microscopiques, qui aurait pour effet de faire disparaître d'abord les saillies les plus fines. A cause de cette réduction des aspérités, on pourrait s'attendre à un allongement des taches de diffraction dans la direction de l'échantillon [3]. Cet allongement n'a pas été observé par Moore.

Nous avons repris ces expériences en cherchant à savoir si la couche d'oxydule se formait effectivement au cours du polissage électrolytique ou immédiatement après. Nous avons choisi un bloc de cuivre monocris-

---

(1) LEES, *Transactions of Faraday Society*, 31, 1935, p. 1102.
(2) *Annalen der Physik*, 33, 1938, p. 133.
(3) THOMSON, *Theory and practice of electron diffraction.*

tallin de 75$^{mm^2}$ environ et nous avons cherché, au cours d'essais préalables, l'orientation la plus favorable de la surface par rapport au faisceau d'électrons. Le cuivre, décapé dans un mélange d'acides nitrique (1 volume) et acétique (2 volumes) donne, pour une certaine orientation, un diagramme qu'on peut interpréter par le parallélisme du faisceau et d'un axe binaire du cube élémentaire de cuivre (*fig.* 1). Si l'on oxyde modérément le cuivre

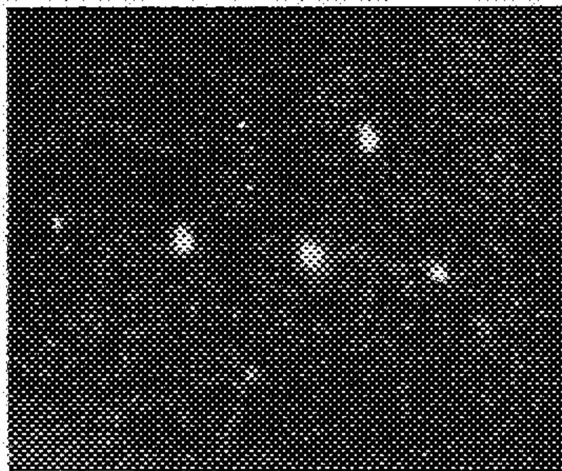


Fig. 1.

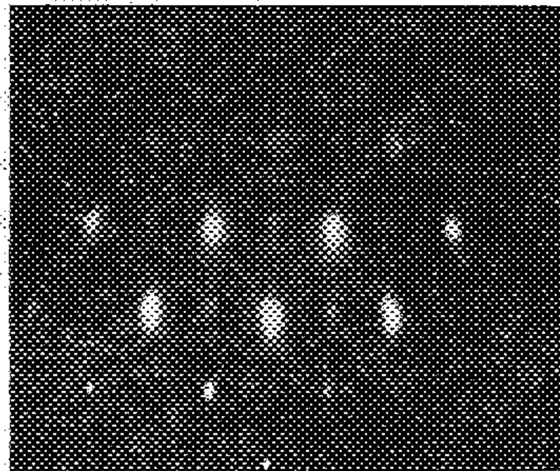


Fig. 2.

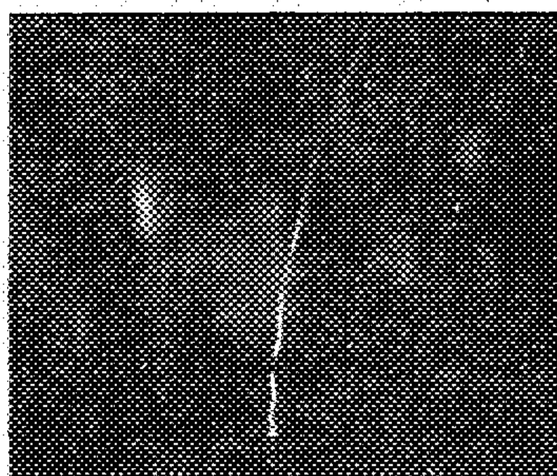


Fig. 3.

en le chauffant à 100° dans l'eau bouillante et le laissant se refroidir à l'air, il se recouvre d'une couche d'oxydule monocristalline. Pour la même position, le diagramme obtenu correspond encore à un axe binaire, mais du cube élémentaire de Cu_2O (*fig.* 2).

Nous avons ensuite poli électrolytiquement le même échantillon et nous l'avons lavé sous un filet d'eau distillée. La surface humide est restée au contact de l'air environ 2 minutes. L'examen électronique indiqua la présence d'une couche d'oxyde cuivreux Cu_2O. Dans une autre série d'expériences, nous avons essayé de réduire la durée de contact de la surface humide avec l'air ambiant. Le lavage a été effectué en plongeant la pièce dans des capsules contenant de l'eau. A l'issue de ce traitement, l'eau adhérente à la surface a été absorbée à l'aide de papier-filtre. Les taches de diffractions obtenues (*fig.* 3) sont superposables à celles que donne

la surface de cuivre décapée, mais elles sont assez faibles et très allongées perpendiculairement à la surface de l'échantillon. Cet allongement ne se produit ni avec la surface oxydée, ni avec la surface décapée.

Nous croyons que le second diagramme (*fig.* 3) indique le véritable état de la surface de cuivre à la sortie du bain de polissage. Celui-ci laisserait une surface de cuivre métallique où les aspérités auraient été réduites à une cinquantaine de mailles. Cette surface semble très facilement oxydable. Maintenue humide et au contact de l'air, elle se recouvre en quelques minutes de plusieurs couches monomoléculaires d'oxydule.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étalement des acides gras sur les métaux projetés.* Note [1] de M. PIERRE COTTON, présentée par M. Aimé Cotton.

En atmosphère sèche, une goutte d'acide gras à chaîne longue ne s'étale en masse ni sur le verre nu et propre, ni sur les métaux massifs et polis, ni sur les dépôts d'argent épais et brillants, thermiques ou cathodiques [2]. Pour les dépôts d'argent cathodiques, plus minces que ceux qui donnent un minimum de facteur de réflexion côté support (épaisseur 3 mμ), il existe une épaisseur

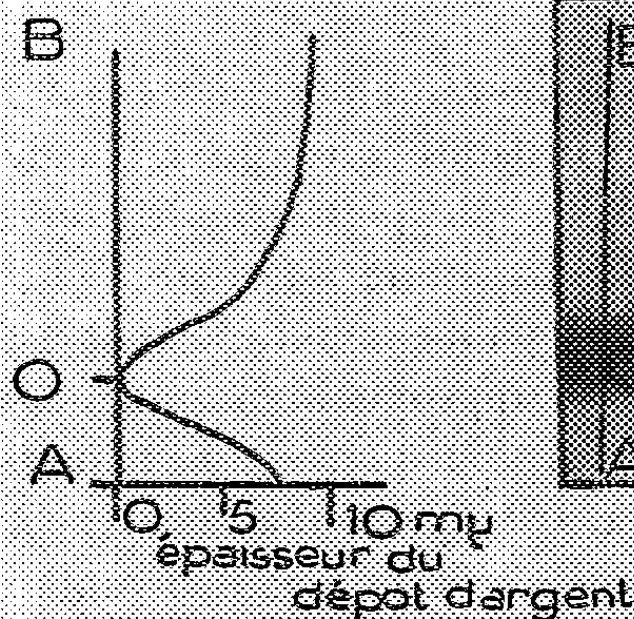


Fig. 1 *a*.

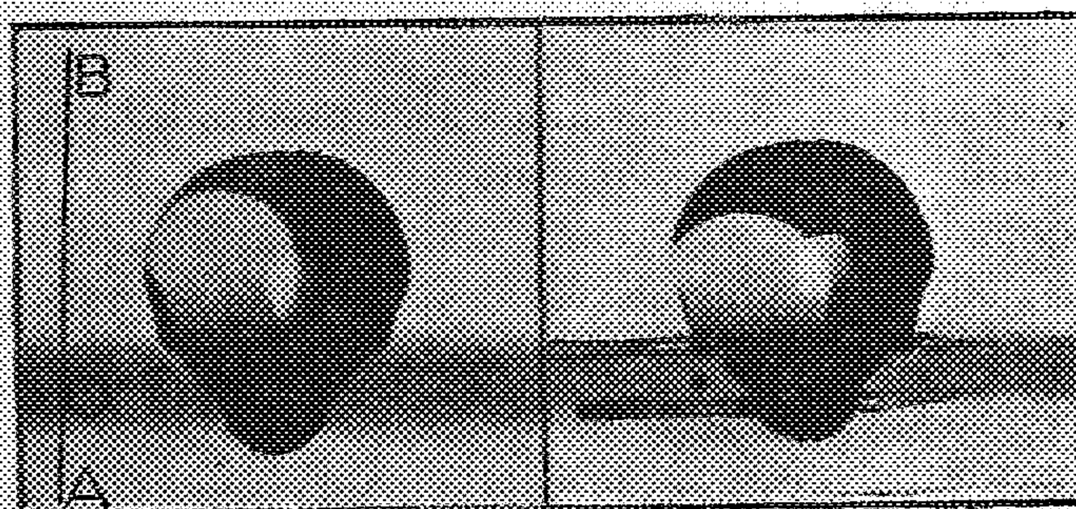


Fig. 1 *b*. Fig. 1 *c*.

critique du dépôt pour laquelle une extension *spontanée, en masse*, des acides gras est possible.

En déposant une goutte d'acide oléique ou nonylique sur un dépôt d'argent

(1) Séance du 17 mars 1947.

(2) WOOG, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 772; TRILLAT et FRITZ, *Journ. Chim. Phys.*, 34, 1937, p. 136; 35, 1938, p. 45; MERIGOUX, *Rev. d'Opt.*, 16, 1937, p. 281; MORLOCK, *Thèse*, Marseille, 1946.

présentant un gradient d'épaisseur marqué (*fig.* 1 *a*), j'ai constaté les faits suivants :

1° La goutte prend, au moment du contact, une forme non circulaire; l'angle de raccordement huile-support semble varier avec l'épaisseur du dépôt (*fig.* 1 *b*).

2° Au bout d'un temps plus ou moins long (un à deux jours), la goutte donne naissance à deux filets liquides qui croissent rapidement (3^{cm} par jour environ) et s'étendent dans une zone où l'épaisseur du métal a une valeur convenable; cette *épaisseur critique* est comprise entre deux limites bien déterminées; sur le métal épais (parties claires du cliché 1 *c*) comme sur le verre nu (parties sombres), l'huile polaire ne s'étale pas.

L'extension des acides gras dans la zone critique présente les mêmes caractères que l'étalement de l'huile neutre, absence de séparation nette entre régions couvertes ou non couvertes d'huile, angle de raccordement nul, vitesse d'extension comparable.

J'ai réalisé, sur des dépôts d'argent ayant l'épaisseur critique, l'extension simultanée de l'huile neutre et de l'acide oléique. Il peut y avoir contact entre la masse d'huile polaire et la masse d'huile non polaire, ce qui ne se produit pas sur le verre nu ou sur les dépôts épais d'argent; l'auréole d'émission de l'acide oléique ne fait plus obstacle, dans ce cas, à l'extension de l'huile neutre.

Il est difficile de déterminer avec précision les valeurs numériques exactes des limites de l'épaisseur critique du dépôt. J'ai constaté que, pour l'acide oléique, la limite supérieure était de l'ordre de 1$^{m\mu}$, que pour l'acide nonylique, elle était plus élevée et de l'ordre de 2$^{m\mu}$. La limite inférieure, plus difficile à évaluer, ne correspond pas au verre nu (épaisseur nulle), mais est légèrement supérieure. Ces limites sont, en première approximation, indépendantes de la vitesse de projection, du support (verre ou quartz), de l'atmosphère dans laquelle se fait la projection d'argent (air, vapeurs d'anthracène).

On peut, me semble-t-il, expliquer ces phénomènes de la façon suivante : sur les supports massifs polis (verre, métaux, dépôts d'argent d'épaisseur supérieure à 3$^{m\mu}$), il se forme au contact huile support une couche de molécules orientées, couche qui se prolonge au delà de la masse d'acide par l'auréole d'émission moléculaire. Les dépôts d'argent ayant l'épaisseur critique ont une structure discontinue : des petits tas d'argent sont disposés au hasard à la surface du support, leur nombre et leur grosseur dépendent de l'épaisseur équivalente du dépôt (rapport : masse du dépôt par cm^2/densité du métal massif) [3]. Les molécules d'acide gras qui s'échappent de la goutte, soit par

[3] Entre autres : H. O. Muller, *Koll. Zts.*, 99, 1942, p. 23.

évaporation, soit par fuite par l'angle de raccordement, se fixent de préférence sur les tas, les recouvrant d'un *hérisson* de molécules piquées par leur radical acide sur le métal. La grosseur et la distance des hérissons dépendent de la répartition de l'argent sur le support et de la longueur de la chaîne de l'acide gras (*fig.* 2).

Si la distance des tas d'argent est grande ou petite par rapport à la longueur

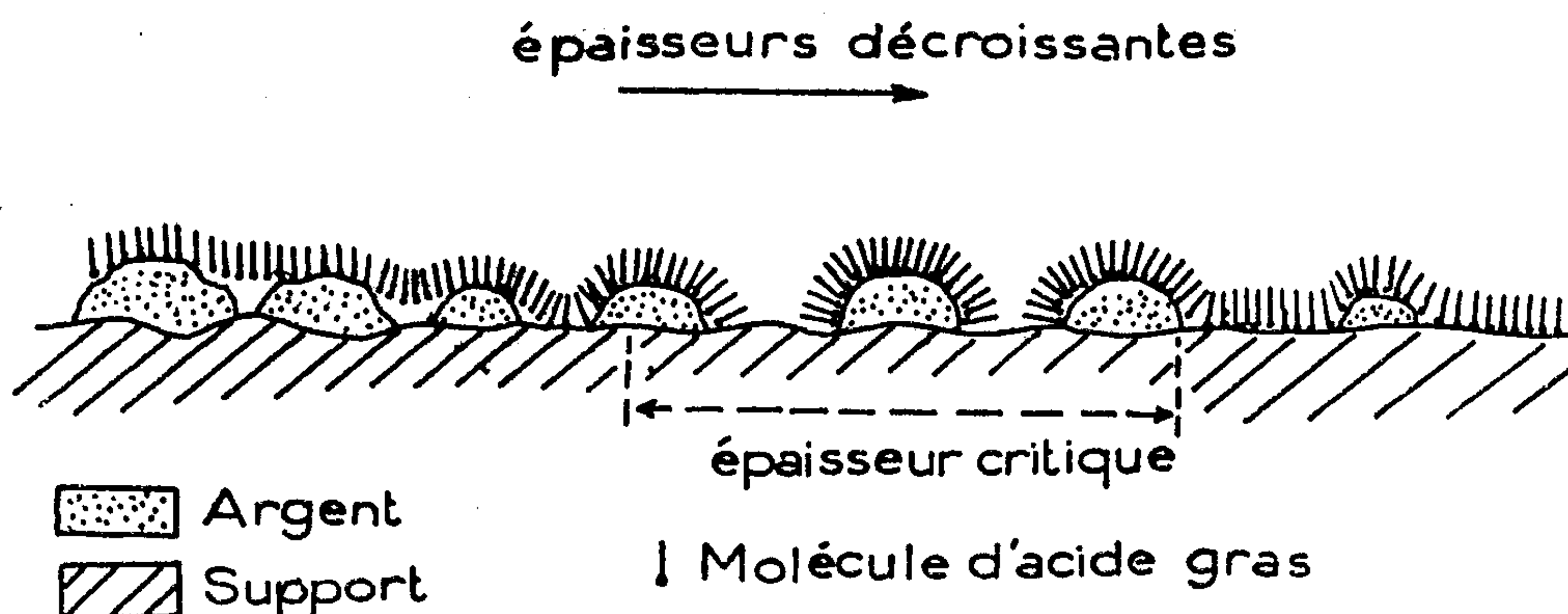


Fig. 2.

de la chaîne de l'acide, les molécules peuvent former un tapis continu entre les tas ou recouvrir l'ensemble d'une couche continue. Pour un espacement convenable des tas, les hérissons sont séparés par des espaces vides; la surface ainsi constituée ne peut s'opposer à l'étalement en masse de l'acide gras, qui est au contraire favorisé par les forces de Van der Wals exercées par les hérissons sur les molécules d'acide. L'absence de toute orientation privilégiée de la couche adsorbée explique la similitude des extensions de l'huile neutre et de l'huile polaire, la possibilité de contact entre masse d'huile neutre et polaire (contact qui est impossible sur des supports massifs par suite de la formation d'un tapis continu et orienté de molécules acides qui fait obstacle à l'extension de l'huile neutre), et l'accroissement de vitesse d'étalement de l'huile neutre sur un dépôt d'argent ayant presque l'épaisseur critique par adsorption, par le dépôt, d'une couche d'acide gras. L'hypothèse faite se justifie, semble-t-il, par la variation des limites de l'épaisseur critique avec la longueur de la chaîne d'acide gras utilisé. Pour l'acide nonylique (longueur de chaîne 23 Å), l'expérience montre qu'elles sont plus élevées que pour l'acide oléïque (36 Å).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination du coefficient de partage de l'eau entre les acides nitrique et sulfurique, dans les mélanges ternaires.* Note [1] de Mme **Suzanne Fénéant** et M. **Jean Chédin**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'un de nous [2] a déterminé dans le diagramme ternaire HNO_3–H_2SO_4–H_2O une région dans laquelle l'acide nitrique des mélanges est partiellement ou totalement déshydraté par l'acide sulfurique qu'ils contiennent. Le produit de déshydratation partielle de NO_3H fait apparaître, dans le spectre Raman, une raie caractéristique $\Delta\nu = 1400\ cm^{-1}$ que nous avions attribuée initialement à N_2O_5. Une étude des tensions de vapeur [3] nous amena ensuite à conclure que cet N_2O_5 n'était pas libre, mais formait un complexe molécule à molécule avec H_2SO_4. Pendant la guerre, Bennet et Williams, Ingold, Hugues et leurs collaborateurs [4], [5], [6] ont mis en évidence que ce complexe est, en réalité,

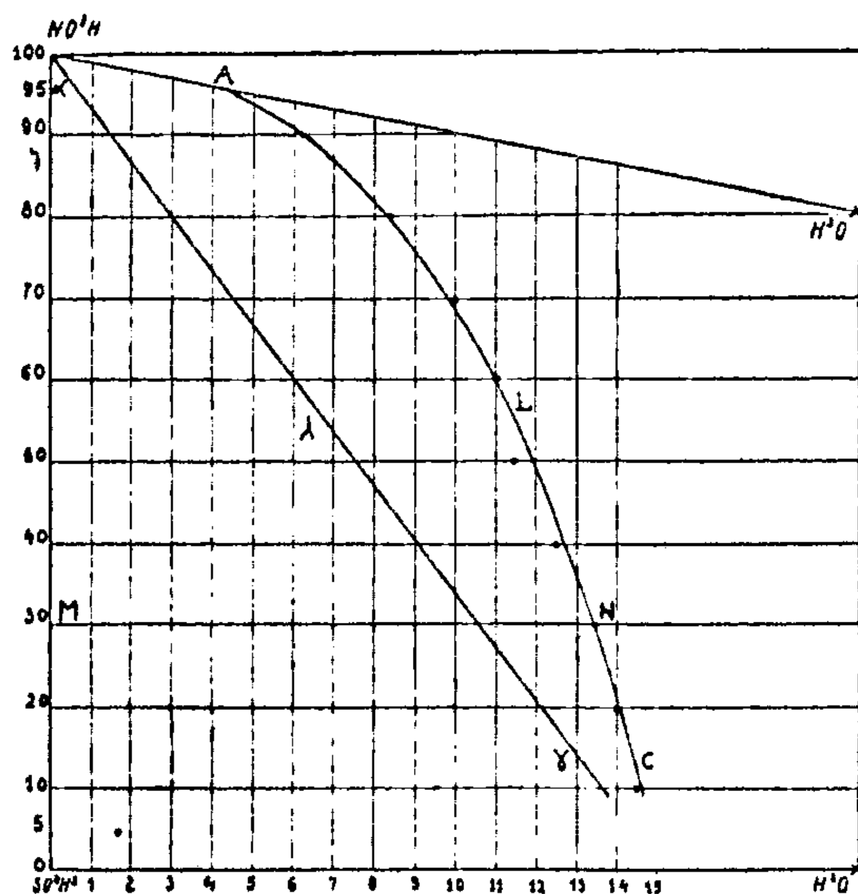


Fig. 1.

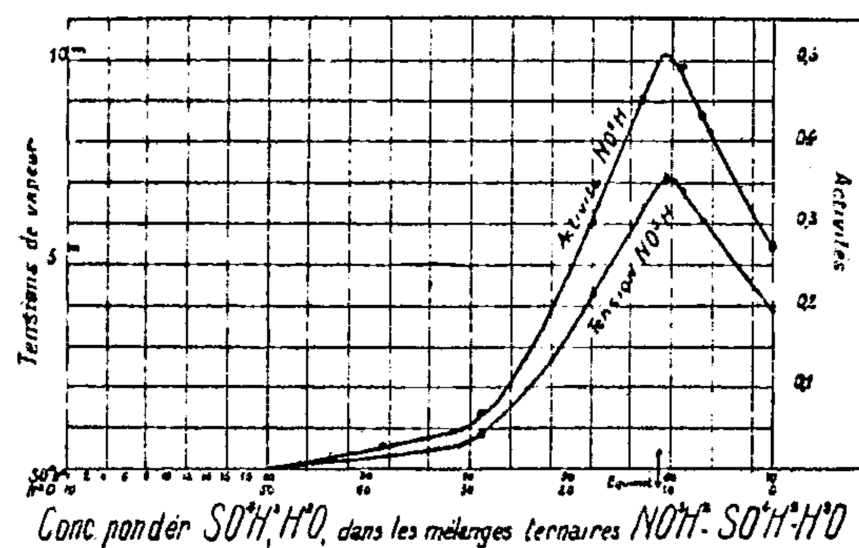


Fig. 2.

Fig. 2. — Tensions de vapeur de NO_3H dans les mélanges NO_3H — SO_4H_2 — H_2O à 0° (taux fixe NO_3H : 30,08 %) (variations du rapport SO_4H_2 — H_2O).

ionique : $SO_4H^-NO_2^+$, la raie $1400\ cm^{-1}$ est la fréquence Raman unique de l'ion linéaire NO_2^+. Les spectres montrent que N_2O_5 dissous dans NO_3H pur est égale-

(1) Séance du 17 mars 1947.

(2) J. Chédin, *Ann. de Chim.*, **11**, 1937, p. 243.

(3) R. Vandoni, *Mémor. des Services Chim. de l'État*, **31**, 1944, p. 87; J. Chédin, *Mémor. des Services Chim. de l'État*, **31**, 1944, p. 113.

(4) R. J. Gillespie, J. Graham, E. D. Hugues, C. K. Ingold et E. R. A. Peeling, *Nature*, **158**, 1946, p. 480.

(5) C. K. Ingold, D. J. Millen et H. G. Poole, *Nature*, **158**, 1946, p. 480.

(6) G. M. Bennett, J. C. D. Brand et G. Williams, *J. Chem. Soc.*, 1946, pp. 869-875.

ment ionisé en $NO_3^- NO_2^+$. Dans le diagramme ternaire $HNO_3-H_2SO_4-H_2O$ (*fig.* 1), la courbe ALC limite cette région : à gauche de ALC les spectres des mélanges présentent $\Delta\nu = 1400$, à droite 1400 a disparu. On avait d'abord conclu que les mélanges situés sur la courbe ALC contenaient leur acide nitrique sous la forme 100 % (à gauche leur NO_3H est partiellement déshydraté, à droite hydraté). Ceci n'est vrai qu'en première approximation. En effet, ALC a été déterminée comme lieu des points où $\Delta\nu = 1400$ a juste disparu du spectre (par additions d'eau progressives). Or dans le spectre de NO_3H pur, 1400 subsiste (très faible) due à une auto-déshydratation : $2NO_3H \rightleftharpoons N_2O_5 + H_2O$ qui affecte 1 à 2 % des molécules NO_3H.

Reprenant l'examen (par spectres Raman) des acides nitriques concentrés, nous avons vérifié que la raie 1400 est présente jusqu'à la concentration de 94-95 % environ.

La ligne ALC peut donc être considérée comme le lieu des mélanges dans lesquels l'eau introduite se partage entre NO_3H et SO_4H_2, de telle façon que tout se passe comme s'ils contenaient leur acide nitrique sous forme 94-95 % en équilibre avec de l'acide sulfurique à β %. Les spectres Raman des bandes — OH de ces mélanges ([7]) sont en accord avec cette conclusion.

Les tensions de vapeur partielles de NO_3H, mesurées sur une série de mélanges tous à 30 % par exemple de NO_3H (horizontale MN dans le diagramme 1), sont représentées dans la figure 2. p_{NO_3H} commence par croître quand on va vers les mélanges hydratés, passe par un maximum pour une concentration C_M en eau, et décroît ensuite quand le % eau continue à croître.

L'interprétation est aisée : dans le mélange anhydre, une partie de NO_3H est déhydratée sous forme NO_2^+ sans tension de vapeur. Lorsque le % H_2O croît, il y a moins d'acide nitrique déshydraté, p_{NO_3H} croît. Pour % $H_2O = C_M$, l'acide nitrique est juste libre et a sa tension maximum. Quand % H_2O continue à croître, NO_3H s'hydrate et s'ionise, p_{NO_3H} diminue. Dans le mélange à C_M d'eau, l'acide nitrique serait donc libre, sous sa forme à 100 %. L'étude Raman de la bande — OH de tels mélanges, ainsi que l'examen quantitatif des résultats de tension de vapeur (qui donnera lieu à une Note ultérieure) sont également d'accord avec ces conclusions.

Si l'on trace dans le diagramme ternaire le lieu des points C_M obtenus (pour les différentes séries de mélanges étudiées par mesure de P_{NO_3H}, tous à un même pourcentage HNO_3), on obtient la courbe $\alpha\lambda\gamma$. Le diagramme ternaire se trouve ainsi divisé en :

Domaine I (à gauche $\alpha\lambda\gamma$). — Pratiquement toute l'eau des mélanges situés dans I est bloquée sur SO_4H_2, qui demeure encore capable de déshydrater partiellement ou totalement leur NO_3H.

([7]) J. CHÉDIN et S. FENÉANT, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 930.

Courbe $\alpha\lambda\gamma$: mélanges contenant leur NO_3H sous forme exacte de l'acide pur (100 %).

Domaine II (entre $\alpha\lambda\gamma$ et ALC). — Les mélanges contiennent leur NO_3H sous forme d'acide de concentration comprise entre 100 % et 94 %, selon la position du point représentatif.

Courbe ALC : mélanges contenant leur NO_3H sous forme d'acide à 94 %.

Domaine III (à droite ALC). — Va faire l'objet d'une deuxième communication.

Remarque. — La ligne $\alpha\lambda\gamma$ trouvée est à peu près exactement la droite lieu des mélanges de NO_3H avec ($SO_4H_2 . H_2O$). On retrouve ainsi une hypothèse émise il y a près de 40 ans par Sapojnikov ([8]).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le comportement des colloïdes aux basses températures.* Note ([1]) de M. **Maurice Piettre**, présentée par M. Léon Binet.

La technique frigorifique enseigne que dans la congélation des viandes (— 10 à — 12° C.) il se forme à l'intérieur de la fibre musculaire de gros cristaux de glace déchirant souvent la membrane d'enveloppe et donnant lieu, après fusion, à l'écoulement d'une sérosité rougeâtre, ou plasma musculaire. C'est le mécanisme physique qui a été étudié dans cette Note.

1° A la décongélation, un muscle ayant subi la *congélation lente*, donne écoulement à une sérosité à peine rosée, pauvre en extrait sec. Au contraire, par broyage et passage à la presse, on obtient un liquide légèrement trouble, de plus en plus coloré, d'extrait sec élevé, en quantité importante dépassant 60 % du poids du tissu mis en œuvre.

2° L'examen en chambre froide de coupes histologiques de ce muscle montre la présence de gros cristaux de glace, isolés ou groupés, les uns complètement incolores, les autres de teinte légèrement rosée. Isolés à l'aiguille, les premiers donnent, par fusion, un liquide incolore qui est de l'eau exempte de myohémoglobine.

Ces deux faits démontrent que dans la congélation lente il se fait une séparation de *l'eau libre*, au sein du plasma de la fibre musculaire, par un mécanisme mis en évidence dans l'expérience suivante :

100^g de plasma obtenu par broyage, pression et centrifugation, de muscle normal, sont mis en éprouvette de 100^{cm^3}, en chambre froide entre — 2° et — 3°,5. Dès que se trouve atteint le point de congélation $\Delta = -0,85$, à moins de surfusion que l'on fait cesser aisément, apparaissent de nombreux petits cristaux qui grossissent peu à peu, puis montent par différence de densité à la surface du liquide, se réunissant en une couronne continue plus ou moins

([8]) *Zeits. Physik. chem.*, 49, 1904, p. 897; 51, 1905, p. 609; 53, 1905, p. 225.

([1]) Séance du 24 mars 1947.

épaisse. Si alors on transporte l'éprouvette dans une chambre aux environs de + 5°C., la glace fond lentement, remplacée par une couronne incolore d'eau, facile à éliminer. Une deuxième, puis une troisième congélation, chaque fois à température plus basse, suivies de décongélation, permettent de nouvelles séparations d'eau à peine teintée pendant que la liqueur sous-jacente augmente fortement de coloration et de concentration.

Nous indiquons quelques résultats analytiques obtenus par cette technique de double effet, que nous avons appelée *Cryoconcentration*, et qui permet d'effectuer la concentration des sérums thérapeutiques, notamment :

Plasma musculaire (bœuf). — Extrait sec, 11g,305 %; cendres, 1,49; pH, 5,45; Δ = — 0,85.

1re eau de fractionnement : extrait sec, 0,206 %; cendres, 0,042; 2e fractionnement : extrait sec, 2,16 %; cendres, 0,42; liqueur concentrée : extrait sec, 19,74 %; cendres, 2,04. *Protéines floculées* (dénaturées), 2g,135.

Sérum sanguin (bœuf). — Extrait sec, 9,63 %; cendres, 0,81; pH, 7,32; Δ = — 0,56

1er fractionnement : extrait sec, 0,31 %; cendres, 0,07; 2e fractionnement : extrait sec, 0,75 %; cendres, 0,31; liqueur concentrée : extrait sec, 33,15; cendres, 2,35. *Pas de floculation de protéines.*

Lait (vache). — Extrait sec, 12,5 %; cendres, 4,57; pH, 6; Δ = — 0,55.

1er fractionnement : extrait sec, 0,135 %; cendres, 0,06. *Absence de floculation.*

La dénaturation (tout au moins apparente) *des protéines est donc fonction du* pH.

II. Le comportement aux basses températures a été étudié sur une série de substances colloïdales (dispersoïdes et suspensoïdes) en milieux aqueux, sans *électrolytes*. Les expériences sont particulièrement démonstratives avec les *colorants colloïdaux*, négatifs et positifs (bleu diamine, bleu victoria), semi-colloïdaux (éosine, bleu de méthylène), aux concentrations moyennes de 0,4 %. Au froid modéré, les solutions restent plus stables, le mûrissement est retardé. Par brusque refroidissement (—12, —15°C.), congélation rapide et massive, après décongélation réversibilité complète. Par congélation lente (— 2° à — 4°C.), il y a séparation d'eau, les particules colorées sont chassées vers les parties les moins froides. Après décongélation lente, redispersion rapide par *agitation thermique*.

Les *suspensoïdes* se comportent plus nettement encore de la même façon. Dans les moulaux à glace par exemple, à cristallisation lente (— 4° à — 6°C.), les divers résidus, les particules d'argile, les gaz même sont repoussés progressivement vers le cylindre central au fur et à mesure de la cristallisation de l'eau.

L'abaissement de température aux environs de 0°C. accélère la chute des floculats protéiniques ([2]) simples, ou complexes (séro-précipités, séro-agglutinats, etc.), ainsi que le dépôt des précipités floconneux de la chimie analytique, maintenus en suspension par l'agitation thermique. Les *bactéries* se

([2]) M. PIETTRE, *Biochimie des Protéines*, Paris, 1937.

déposent peu à peu perdant provisoirement leur mobilité, leur activité végétative et fermentaire. Après les *fermentations des protéines* par les enzymes protéolytiques, la tyrosine, notamment, cristallise presque quantitativement à basse température. Il n'est pas jusqu'aux substances organiques dissoutes moléculairement qui ne soient sensibles au froid. Vers 0°C., les molécules plus légères que l'eau (éther, acétone, etc.) montent en surface, tandis que les plus lourdes glissent vers le fond, protégées contre l'*agitation thermique*.

Conclusions. — L'étude méthodique des basses températures sur les tissus animaux permet d'envisager les possibilités de bloquer le fonctionnement du protoplasma cellulaire, et, par suite, de suspendre à volonté la vie de certains tissus ou même d'êtres entiers. Dans le règne végétal cependant, la rigidité des membranes d'enveloppe, la haute teneur en eau libre, rendent sans doute le problème plus ardu.

De toutes manières, les avantages des basses températures sont si grands dans de nombreux domaines de la science et de la technique, que le froid mérite d'obtenir, comme moyen courant de travail, et au même titre que la chaleur, l'électricité, le vide, la pression, etc., une place dans les Instituts, laboratoires d'analyses et de recherches.

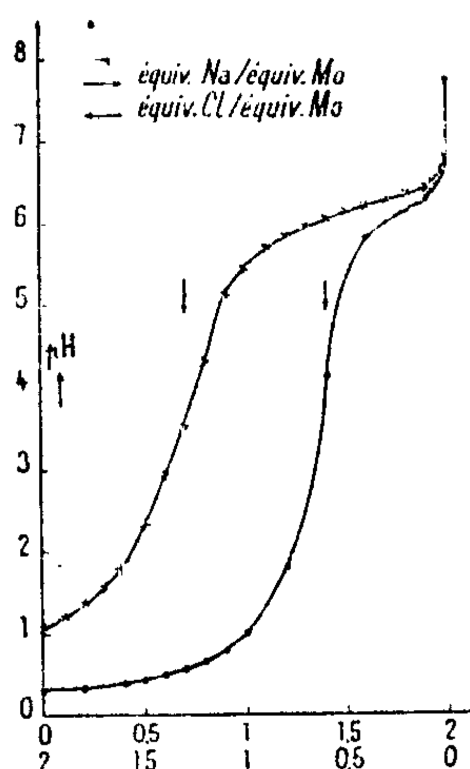
ÉLECTROCHIMIE. — *Influence du facteur temps sur les courbes de titrage de l'acide molybdique.* Note (¹) de M. **Georges Carpéni**, présentée par M. Louis Hackspill.

Lorsqu'on titre une solution molybdique il est habituel de considérer que les réactions étant ioniques, donc instantanées, le temps mis pour effectuer les additions de réactifs et les mesures successives de pH, n'intervient pas. Les nombreuses recherches mentionnées dans la littérature ne font, en conséquence, aucun état de la durée des opérations. Certaines observations faites au cours d'une étude électrométrique portant sur les solutions molybdiques (²) (³), nous ont incité à étudier d'une façon particulière l'influence du temps.

Comme dans un titrage ordinaire, par addition progressive d'un réactif, les temps de mesure s'ajoutent, les différents points d'une même courbe sont de plus en plus éloignés du temps t_0 de début de l'expérience ; si la solution évolue, surtout pour certains pH, il est évident que cette façon de procéder n'est pas très correcte. On peut remédier facilement à l'inconvénient signalé en mélangeant les deux solutions extrêmes, par exemple les solutions d'acide pur et de sel pur (acide neutralisé stœchiométriquement). Il est assez surprenant de constater combien la courbe obtenue de cette manière diffère de celle résultant

(¹) Séance du 17 mars 1947.
(²) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 925.
(³) Cf. le mémoire détaillé qui paraîtra prochainement dans le *Bulletin de la Société chimique de France*.

d'un titrage habituel, en retour, par HCl, les conditions de concentration étant, par ailleurs, identiques (voir *figure*). On peut également signaler que la courbe de titrage habituel, dont la construction dure au total environ 30 à 60 minutes, ne varie sensiblement plus en fonction du temps; les réactions qui interviennent



Courbes de titrage

(•) Mo O_3.2 H_2O — 0,2 M, Na Cl — 2 M + Mo O_4Na_2 — 0,2 M, Na Cl — 2 M.
(×) (Mo O_3.2 H_2O + Na OH) 0,2 M, Na Cl 2 M + H Cl.

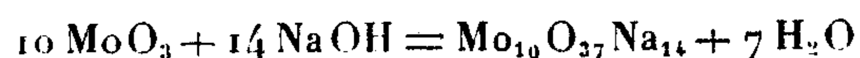
sont donc assez rapides, mais non instantanées. Il semble logique d'admettre qu'en dehors des réactions purement ioniques, d'autres transformations, de condensation en particulier, peuvent jouer. Quoi qu'il en soit, les conséquences qui apparaissent sur les graphiques sont nettes et de deux ordres :

1° Le premier point d'inflexion [marqué par des flèches sur les deux courbes; cf. (²)] est déplacé d'une façon considérable : l'abscisse passe de 1,4 pour le titrage *rapide*, à 0,7 équiv. Na/Mo pour le titrage habituel, plus lent. On peut noter que le rapport entre ces abscisses 0,7/1,4 = 1/2 semble remarquable.

2° L'évolution qui a lieu au cours du titrage habituel (courbe ×) et qui résulte de la comparaison avec la courbe de titrage rapide (courbe •), s'accompagne d'une baisse d'acidité notable et de la formation corrélative de sels moins riches en cations.

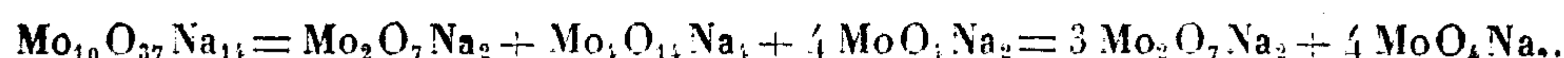
En tenant compte de nos connaissances sur les équilibres molybdiques et des différents composés qui ont été identifiés dans ces solutions, nous pouvons essayer d'interpréter les faits précédents en précisant, avec quelques réserves, d'une part, quels sont les composés qui prennent probablement naissance au cours du titrage et, d'autre part, comment ceux-ci peuvent évoluer pour justifier le passage d'une courbe (•) à l'autre (×) :

1° *Titrage rapide, abscisse* 1,4 *équiv.* Na/Mo. — La réaction *globale* s'écrirait



$$10\,MoO_3 + 14\,NaOH = Mo_{10}O_{37}Na_{14} + 7\,H_2O$$

cependant que $Mo_{10}O_{37}Na_{14}$ peut se décomposer en plusieurs couples de composés connus et identifiés, tels que



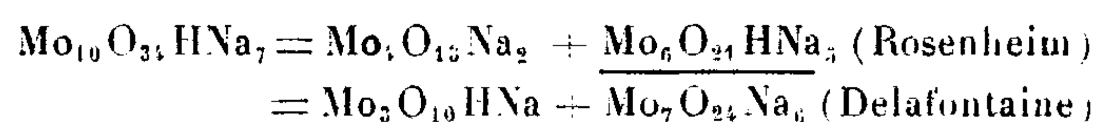
$$Mo_{10}O_{37}Na_{14} = Mo_2O_7Na_2 + Mo_4O_{14}Na_4 + 4\,MoO_4Na_2 = 3\,Mo_2O_7Na_2 + 4\,MoO_4Na_2.$$

Dans ce titrage les corps qui prennent naissance sont *peu condensés* et se limiteraient, en dehors du sel neutre normal MoO_4Na_2, aux composés $Mo_2O_7Na_2$ et, peut-être, $Mo_4O_{14}Na_4$.

2° *Titrage normal, abscisse* 0,7 *équiv.* Na/Mo. — La réaction *globale* est ici

$$10\,MoO_3 + 7\,NaOH = Mo_{10}O_{34}HNa_7 + 3\,H_2O,$$

la molécule fictive $Mo_{10}O_{34}HNa_7$ pouvant en réalité représenter des couples de composés connus et identifiés, tels que



$$\begin{aligned} Mo_{10}O_{34}HNa_7 &= Mo_4O_{13}Na_2 + \underline{Mo_6O_{21}HNa_5}\ \text{(Rosenheim)} \\ &= Mo_3O_{10}HNa + \underline{Mo_7O_{24}Na_6}\ \text{(Delafontaine)} \end{aligned}$$

Au cours du titrage normal assez lent, les composés d'abord simples (MoO_4Na_2) ou peu condensés ($Mo_2O_7Na_2$, $Mo_4O_{14}Na_4$) évoluent d'une façon continue pour former des molécules à la fois plus riches en atomes de Mo et moins riches en cations (cf. 1).

Pour terminer, remarquons une fois de plus (cf. 1) *le rôle stabilisant des sels neutres* : la réaction rapide précédente ne peut être observée qu'en présence de sels neutres en quantité notable, ceux-ci retardant les évolutions et permettant ainsi de saisir des stades intermédiaires. Les applications pouvant résulter de cette remarque semblent nombreuses et d'un intérêt indéniable.

CHIMIE THÉORIQUE. — *A propos de l'influence des substituants et des hétéroatomes sur les propriétés chimiques des hydrocarbures aromatiques condensés.* Note (¹) de M. **Raymond Daudel.**

Dans la méthode de la mésomérie, les substituants et les hétéroatomes (que nous noterons X) peuvent se classer en deux groupes : ceux qui conduisent à l'écriture de formules supplémentaires telles que (I) et ceux qui conduisent à l'écriture de formules telles que (II) (voir *fig.* 1).

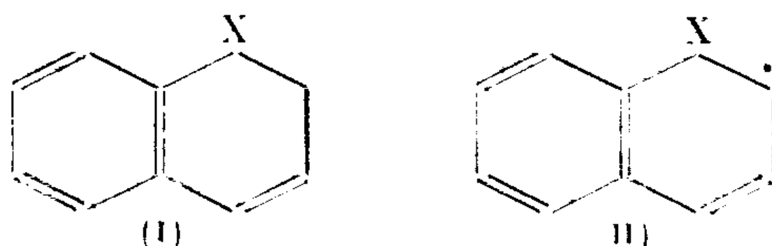


Fig. 1.

Dans le 1er groupe, on rencontre NO_2, CO_2H, SO_3H, N, etc.

Dans le 2e groupe, on rencontre OH, NH_2, Cl, Br, I, CH_3, C_2H_5, etc.

(¹) Séance du 3 février 1947.

La construction des diagrammes peut se faire comme nous l'avons proposé [2] : en écrivant toutes les formules ordinaires et les formules supplémentaires correspondant au corps étudié; en faisant les diagrammes de superposition partiels de ces formules et en construisant le diagramme total après avoir donné à chaque diagramme partiel le poids qui lui revient. L'emploi de cette méthode conduit aux conclusions suivantes, compte tenu des remarques générales formulées récemment par Mme P. Daudel [3].

Afin de pouvoir résumer simplement ces conclusions, nous ferons les conventions suivantes. Les liaisons de la périphérie de la molécule sont numérotées en partant de celles qui portent le perturbateur X.

Une liaison possède ainsi deux numéros distincts (selon qu'on tourne dans un sens ou dans l'autre) qui sont l'un pair et l'autre impair (*fig.* 2).

La liaison sera considérée comme paire si son plus petit numéro est inférieur d'au moins 3 à son plus grand et est pair; comme impaire si, dans les mêmes conditions, le plus petit numéro est impair; comme neutre si les deux numéros diffèrent d'une unité.

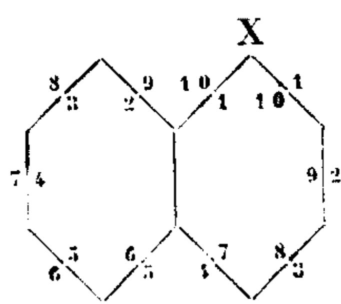


Fig. 2.

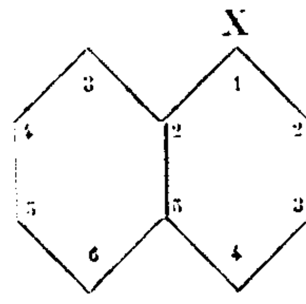


Fig. 3.

Les sommets seront numérotés à partir du perturbateur, en sorte qu'ils possèdent le plus petit numéro possible (*fig.* 3).

Avec ces conventions, on peut énoncer les lois générales suivantes :

1° *Modification des indices de liaison.* — Quelle que soit la nature du perturbateur, les indices des liaisons paires sont augmentés; ceux des liaisons impaires diminués; ceux des liaisons neutres généralement un peu diminués.

Les modifications de ces indices sont d'autant plus grandes que le petit numéro de la liaison est moins élevé et que le perturbateur est plus agressif par nature et placé en un lieu où l'indice de valence libre est plus grand chez la nor-molécule.

2° *Modification de la région portant* X. — La région portant X est d'autant plus perturbée que X est plus agressif et qu'elle possédait dans la nor-molécule un plus grand indice de valence libre.

3° *Modification des charges des régions atomiques.* — Les charges des sommets impairs (sauf 1) sont perturbées en plus ou en moins (et généralement peu), quel que soit le groupe auquel X appartient.

---

(2) *Revue Scientifique*, **3256**, 1946, pp. 229-230.

(3) *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 947-948.

Les charges des sommets pairs sont diminuées ou augmentées selon que X est du premier ou du second groupe. Les modifications sont d'autant plus grandes que :

a. l'indice de valence libre du sommet à l'étude est plus grand;

b. la distance du sommet étudié au perturbateur est plus grande;

c. le perturbateur est plus agressif et se trouve situé en un point qui possédait dans la nor-molécule un plus grand indice de valence libre.

4° *Modification des indices de valence libre*. — Ces indices varient généralement comme les charges des régions atomiques dans le cas des petites molécules, mais peuvent quelquefois varier en sens inverse pour les plus grosses. Ce dernier point nous paraît important dans l'étude des propriétés physiologiques des corps. Bien entendu toutes ces règles générales (4) ne sont pas rigoureuses. Elles peuvent cependant servir de guide surtout dans le cas de molécules pas trop complexes. Si l'on désire des résultats précis le calcul des diagrammes reste nécessaire.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Structure et stabilité des esters nitriques*. Note (1) de MM. **Georges Fleury, Louis Brissaud** et **Pierre Lhoste**, présentée par M. Paul Pascal.

On sait que les esters nitriques ont une certaine tendance à se décomposer spontanément. Souvent non mesurable à la température ordinaire, cette altération est très fortement accélérée par le chauffage. La conservation des poudres à la nitrocellulose, ou celle de certains explosifs, nécessite la connaissance de la stabilité des esters nitriques qui rentrent dans leur composition.

Nous donnons ici la résistance comparée au chauffage d'un certain nombre de ces esters.

Mode opératoire. — Le corps étudié (2^g) était placé daus une coupelle de verre contenue dans un thermostat à $100° \pm 0°,5$ et suspendue au plateau d'une balance de précision au moyen d'un long fil. Les pesées étaient effectuées très fréquemment et l'on obtenait pratiquement une courbe continue.

Corps étudiés. — Nous avons été limités à l'utilisation des corps qui présentent une tension de vapeur pratiquement nulle à 100°. Tous les produits étudiés étaient d'une grande pureté. Ils étaient préparés par la méthode nitroacétique que nous avons décrite dans une Note précédente (2).

---

(4) Certains des résultats signalés ici ont été obtenus par une voie un peu différente dans le cas du méthyle par B. Pullman (*Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 1396-1398).

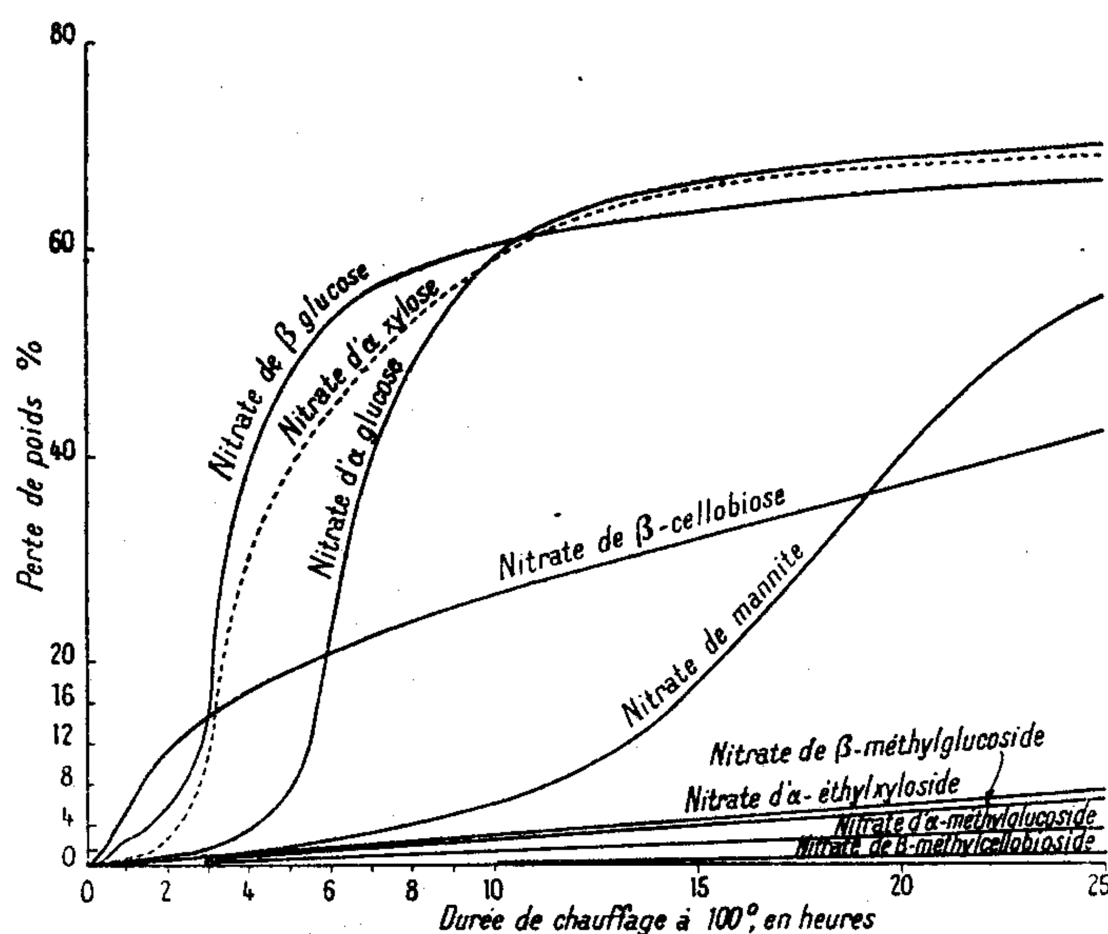
(1) Séance du 17 mars 1947.

(2) G. Fleury et L. Brissaud, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1051.

	Poids moléculaire.	Poids de fusion.	Taux d'azote théorique.	Taux d'azote trouvé.
		°	%	%
Tétranitrate d'α-xylopyranose.............	330	72,5	16,96	16,91
Trinitrate d'α-méthyl-*d*-xylopyranoside....	313	95,5	13,40	13,34
Pentanitrate d'α-*d*-glucopyranose..........	405	53	17,28	17,16
Pentanitrate de β-*d*-glucopyranose.........	405	111	17,28	17,18
Tétranitrate d'α-méthyl-*d*-glucopyranoside..	374	47,5	14,98	14,93
Tétranitrate de β-méthyl-*d*-glucopyranoside.	374	117	14,98	14,94
Octonitrate de β-cellobiose...............	702	140	15,90	15,86
Heptanitrate de β-méthylcellobioside......	671	134	14,61	14,61
Trinitrocellulose.........................	387*n*	Infusible	14,14	14,00
Tétranitrate de pentaérythrite............	316	140,8	17,72	–
Hexanitrate de mannite...................	452	109	18,58	18,59

Résultats. — Les résultats sont donnés dans le graphique ci-dessous. Ils conduisent aux conclusions suivantes :

1° Tous les esters nitriques qui renferment un groupement nitrate d'hydrate d'aldéhyde : nitrates de xylose, de glucose, de cellobiose, sont très instables. Les nitrates de l'α-xylose et des deux glucoses ont un type de décomposition tout à fait identique. Lorsque la fonction hydrate d'aldéhyde a été bloquée par un groupe méthyle qui empêche sa nitration,



Vitesse de décomposition à 100°, à sec des esters nitriques.
La trinitrocellulose et le nitrate de pentaérythrite ne sont pas portés sur ce graphique, leurs pertes de poids au bout de 25 heures n'étant pas mesurables.

la stabilité des nitrates croît d'une manière très importante. Le nitrate de cellobiose a un comportement intermédiaire entre les nitrates de glucoses et de glucosides. Tout se passe comme si les deux noyaux se décomposaient

d'une façon indépendante : le noyau portant le nitrate d'hydrate d'aldéhyde se comporte comme le glucose, l'autre noyau comme un glucoside. Pour la nitrocellulose qui n'a qu'une fonction hydrate d'aldéhyde à l'extrémité d'une longue chaîne, sa stabilité est encore plus forte; l'influence du chaînon instable (1 pour 200 à 600 chaînons stables) devient pratiquement insensible.

2° Les esters du type *cis* (nitrates d'α-glucose et d'α-méthylglucoside) sont plus stables que ceux de la forme *trans* ou β.

Cette différence semble pouvoir être attribuée à un empêchement stérique vis-à-vis de l'action des produits de la réaction : l'examen des courbes de décomposition montre en effet que ceux-ci accélèrent la vitesse de la réaction qui, sans cela, devrait être du premier ordre.

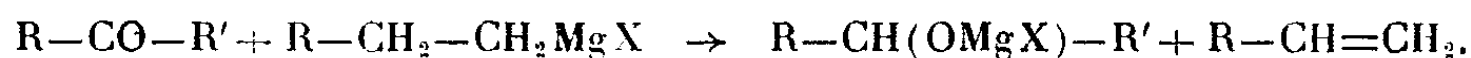
Pour des corps très voisins, construits sur le même type : nitrates d'α-xylose et d'α-glucose, de β-méthylglucoside et de β-méthylcellobioside, la stabilité croît avec le poids moléculaire.

4° La structure de la molécule a une influence considérable sur la stabilité. Ce sont (probablement pour une question d'empêchement stérique) les molécules les plus compactes qui présentent les stabilités les plus élevées : le tétranitrate de pentaérythrite, parfaitement symétrique, est le plus stable (21 jours de chauffage à 100° sans perte de poids appréciable); la nitrocellulose, dont la structure est très rigide, vient ensuite, puis les nitrates de cellobioside et de glucoside, qui ont une structure cyclique assez compacte, enfin le nitrate de mannite, dont la chaîne est linéaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Effet stérique et orientation de la réaction de Grignard.* Note (1) de M. **Jacques-Émile Dubois**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans la présente Note nous montrons comment il est possible d'orienter la réaction normale de Grignard de préparation des alcools tertiaires à partir des cétones en une préparation satisfaisante des cétols de duplication. Ces résultats ont été obtenus par le choix de la structure des substances mises en réaction et celui des conditions expérimentales.

Des trois réactions secondaires connues, à savoir l'énolisation (2) qui régénère la cétone par hydrolyse, la réduction (3), la condensation cétolique (2) (4), seule la réduction revêtait dans certains cas une importance particulière



$$R{-}CO{-}R' + R{-}CH_2{-}CH_2MgX \rightarrow R{-}CH(OMgX){-}R' + R{-}CH{=}CH_2.$$

Pour des corps cétoniques à structure très ramifiée (5), on peut faire appel

(1) Séance du 24 février 1947.

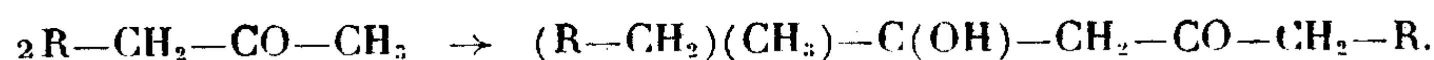
(2) Grignard et Fluchaire, *Ann. Chim.*, 9e série, 10, 1928, p. 6.

(3) J. Stass, *Bull. Soc. ch. belge*, 35, 1926, p. 379.

(4) Pariselle et Simon, *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 86.

(5) Mme Ramard-Lucas, *Ann. Chim. et Phys.*, 30, 1913, p. 361.

aux magnésiens pour obtenir les alcools secondaires. Nous sommes arrivé à des résultats parallèles pour la β-cétolisation.


$$2R—CH_2—CO—CH_3 \rightarrow (R—CH_2)(CH_3)—C(OH)—CH_2—CO—CH_2—R.$$

Influence des conditions expérimentales. — Le problème consistait *à éviter la réduction et à augmenter le pourcentage des produits condensés* sans dépasser le stade de la condensation cétolique. Nous avons effectué une étude de la variation des rendements des produits obtenus en fonction de la concentration du milieu réactionnel, de la température, et du mode d'introduction du magnésien. Nos résultats nous ont fait adopter le mode opératoire suivant : rapport magnésien/cétone = 0,5, introduction du magnésien dans la cétone, chauffage plus ou moins prolongé après l'introduction, extraction et neutralisation *précise*, distillation entièrement sous vide.

Influence de la structure de l'alcoylmagnésien. — Elle est mise en évidence dans le premier tableau et est conforme aux théories de l'empêchement stérique.

Pourcentages obtenus en pentaméthyl-2.2.5.6.6 heptanol-5 one-3 par condensation de la pinacoline avec les magnésiens des halogénures suivants :

$CH_3Br = 6$, $C_2H_5Br = 7,5$, $C_3H_7Cl_{(n)} = 19$, C_3H_7Cl (*iso*) = 62.

Le pouvoir condensant particulièrement élevé de C_3H_7 (*iso*) MgCl s'explique par sa structure ramifiée qui ralentit considérablement la réaction principale. La réactivité amoindrie des chlorures par rapport aux autres halogénures accentue ce ralentissement; ceci est souligné dans les deux exemples suivants : C_3H_7 (*iso*) MgBr condense 30 % de pinacoline alors que C_3H_7 (*iso*) MgCl donne 62 % de cétol, Tuot ([6]) obtient 64 % d'alcool secondaire en faisant réagir C_3H_7 (*iso*) MgBr sur l'isobutanal, alors que nous avons condensé 60 % de cet aldéhyde en employant C_3H_7 (*iso*) MgCl.

Tableau comparatif des rendements de β-cétolisation.

Cétones.	C_3H_7 (*iso*) MgCl. Alcool tertiaire (%).	Cétol (%).	Alcoolates magnésiens (Grignard-Fluchaire).	Amino-magnésiens (Grignard-Colonge).
Méthyléthylcétone	28	30	50	67
Méthylpropylcétone	22	37	41	–
Méthylisopropylcétone	traces	70	–	77
Pinacoline	–	62	–	60-70
Méthylisobutylcétone	–	55	32	61
Diéthylcétone	–	52-55	4-8	50-60
Éthylisopropylcétone	–	60 (produits condensés)	–	–
Méthylamylcétone	–	50	40	–

([6]) Tuot, *Publ. Sci. Tech.*, Secrétariat d'État de l'Aviation, n° **183**, 1943.

Influence de la structure des cétones. — La comparaison des rendements en alcools tertiaires et en β-cétols montre qu'ici encore la théorie de l'empêchement stérique, qui nous a guidé dans le choix des cétones, permet une interprétation simple des résultats.

Avec l'acétone on obtient des produits phoroniques, peu de diacétone-alcool, mais ses gylcols d'addition et de réduction.

Il ressort des données du tableau que la réaction de cétolisation (signalée comme très inférieure à celle de réduction) peut devenir la seule possible. Ces résultats permettent d'utiliser cette action de C_3H_7(*iso*) MgCl sur les cétones comme une *méthode de préparation des β-cétols*. D'une technique aisée, elle est utilisable dans les cas où la méthode des alcoolates magnésiens est en défaut et donne alors des rendements comparables à ceux obtenus par l'emploi des aminomagnésiens ([7]).

Interprétation théorique. — L'interprétation théorique que nous développerons ultérieurement consiste à admettre que la stabilité du composé d'addition $(R_1)(R_2CH_2)C(C_3H_7)OMgCl$ est fonction des effets stériques conjugués et des polarités des radicaux $R_1 - R_2$ et $R = C_3H_7$(iso). Dans l'équation suivante

$$(R_1)(R_2CH_2)C(OMgCl)\underset{\star}{R} + R_2\,CH(\underset{\star}{H})COR_1 \rightarrow (R_1)(R_2CH_2)C(OMgCl)CH(R_2)CO(R_1) + RH$$

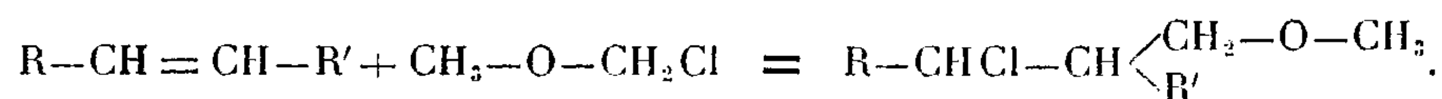
l'élimination du carbure saturé est d'autant plus rapide que R est ramifié. Nous poursuivons nos essais sur les éthers-sels, les aldéhydes et autres composés oxycarbonés saturés et éthyléniques, et développerons ultérieurement nos résultats.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'éther monochlorométhylique sur quelques carbures terpéniques.* Note de M. **Jean Allard**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'éther monochlorométhylique réagit facilement sur les noyaux aromatiques en présence d'acide acétique pour donner avec de bons rendements des chlorures benzyliques ([1])

$$ArH + CH_3-O-CH_2Cl = Ar-CH_2Cl + CH_3OH.$$

Il est capable également de se condenser sur les hydrocarbures éthyléniques aliphatiques en présence de certains halogénures métalliques (Cl_3Bi, Cl_5Sb, Cl_4Sn, Cl_3Fe, Cl_3Al) en donnant des éthers aliphatiques halogénés ([2])



$$R-CH=CH-R'+CH_3-O-CH_2Cl = R-CHCl-CH\begin{matrix}\diagup CH_2-O-CH_3\\ \diagdown R'\end{matrix}.$$

([7]) Grignard et Colonge, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 929.

([1]) G. Vavon, J. Bolle et J. Callin, *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1939, p. 1025.

([2]) E. I. du Pont de Nemours, E. P. 423-520 du 4 août 1933 (*Chem. Zentrablatt*, II, 1935, p. 920).

Il a paru intéressant de voir quel était le comportement de l'éther chlorométhylique vis-à-vis des carbures terpéniques.

Lorsqu'on met en présence de l'éther chlorométhylique (1^{mol}) et de l'essence de térébentine de Bordeaux fraîchement distillée (1^{mol}), il ne se produit à froid aucune réaction, mais si l'on ajoute de l'acide acétique cristallisable (1^{mol}), le mélange s'échauffe spontanément et l'on est obligé de refroidir pour modérer la réaction. Par distillation sous vide on obtient du chlorure de bornyle F 132°, $[\alpha]_D = -29°,10$ (sol. alcool C 0,102), (rendement environ 30 % par rapport à l'essence introduite) et des chlorhydrates de pinène liquides. L'éther chlorométhylique s'est donc comporté de la même façon que l'acide chlorhydrique sec.

Un essai effectué avec du pinène de Bordeaux, dans les mêmes conditions, a donné sensiblement les mêmes résultats.

Le camphène, traité semblablement par l'éther chlorométhylique en présence d'acide acétique, réagit moins violemment que le pinène. Des quantités équimoléculaires de camphène ($[\alpha]_D = -82°,25$, sol. C_6H_6 C 1,03), d'éther chlorométhylique et d'acide acétique laissées en contact 48 heures, ont donné à la distillation un produit incolore qui se prend en masse, à odeur nettement différente de celle du chlorure de bornyle ($É_{17}$ 80-95°, F 120-122°, $[\alpha]_D = +29°,50$, sol. alcool C 0,89); rendement 60 % environ par rapport au camphène. Lorsqu'on essaie de purifier ce produit par cristallisation dans l'alcool méthylique, son point de fusion s'élève très rapidement et atteint 155-165° après une cristallisation. Le plus haut point de fusion atteint a été 162-163° avec un pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = +43°,40$, une teneur en chlore Cl 20,35 % et un rendement de 40 à 50 % par rapport au camphène. Ce sont les constantes du chlorure d'isobornyle que l'on a pu transformer partiellement en hydrate de camphène par action d'un lait de chaux à 50-60°, d'après les indications d'Aschan ([3]). Le produit obtenu par action de l'éther chlorométhylique sur le camphène est donc vraisemblablement du chlorhydrate de camphène qui se transpose très rapidement en chlorure de bornyle.

Le limonène réagit moins facilement que les carbures précédents. Des quantités équimoléculaires de limonène ($É_{760}$ 175-176°) n_D^{20} 1,4730, $\alpha_D^{10cm} = +104°,00$ d'éther chlorométhylique et d'acide acétique soumises à l'ébullition à reflux pendant deux heures, donnent une fraction principale ($É_{15}$ 95-96°, n_D^{20} 1,4820, α_D^{10cm} 76°,60, d_4^{20} 0,975) qui est du monochlorhydrate de limonène (rendement, 35 %), comme le montre la transformation en acétate de terpényle et en α-terpinéol.

Pour élucider le mécanisme de ces réactions, on a étudié les produits de transformation de l'éther chlorométhylique. On avait remarqué que, dans toutes les expériences, la fraction de distillation correspondant à l'acide acétique

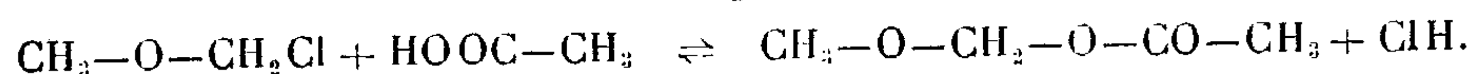
---

([3]) *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 41, 1908, p. 1092.

ne passait jamais à point fixe et que le poids de cette fraction était nettement supérieur à celui de l'acide acétique introduit dans la réaction. Il devait se trouver, dans cette fraction, un produit de transformation intéressant de l'éther chlorométhylique. On a donc traité un mélange équimoléculaire d'éther chlorométhylique et d'acide acétique par un gros excès d'essence de térébenthine. La fraction de distillation la plus importante, $É_{760}$ 115-118°, qui ne renferme presque plus de chlore, traitée par du carbonate de potassium sec pour éliminer l'acide acétique, donne un produit neutre ($É_{760}$ 115-116°, n_D^{20} 1,3980, d_4^{20} 0,989) qui, traité par l'eau, s'hydrolyse assez rapidement en donnant de l'alcool méthylique, de l'acide acétique et du formol. Le dosage de ces deux derniers produits permet d'identifier ce composé qui est l'acétate de méthoxyméthyle déjà préparé par Wedekind [1] à partir de l'acétate de sodium et de l'éther chlorométhylique.

On peut donc expliquer l'action de l'éther chlorométhylique sur les carbures terpéniques de la façon suivante :

L'éther chlorométhylique réagit d'une façon réversible sur l'acide acétique avec élimination d'acide chlorhydrique qui est fixé au fur et à mesure de sa formation par le terpène avide d'acide chlorhydrique, ce qui déplace l'équilibre et permet à la réaction de s'effectuer rapidement.



$$CH_3-O-CH_2Cl + HOOC-CH_3 \rightleftharpoons CH_3-O-CH_2-O-CO-CH_3 + ClH.$$

MINÉRALOGIE. — *Note sur les syénites néphéliniques à eudialyte du massif éruptif du Bou Agrao (Haut-Atlas, Maroc).* Note de M^me^ **Élisabeth Jérémine** et M. **G. Dubar.**

Le massif éruptif du Bou Agrao situé dans le Nord du Haut-Atlas de Midelt, s'étend du Tizi n'Merzidhi à « l'Atlas 2 » (2980^m^) et au Tizi Ounouguir; de là ses affleurements descendent vers le Nord-Est jusqu'au contact de la plaine du Zebzat à l'est de Midelt et disparaissent sous un cône de déjection fait en partie de ses roches; au sud de Tizi n'Merzidhi, ce massif descend jusqu'au fond des gorges de l'Oued Endt, qu'il ne dépasse pas (G. D.). Les syénites néphéliniques des parties élevées de la montagne et de son versant nord, recueillies par l'un de nous en 1933-1934 (G. D.), figurent sur la carte géologique de Midelt au 1/200000 et ont été brièvement décrites [1]. Cependant les recherches sur le terrain en 1935 ont permis la découverte (G. D.) d'une série nouvelle dans les syénites néphéliniques de l'Oued Endt et de ses alluvions. Cette Note a pour but de souligner l'intérêt minéralogique de ces dernières trouvailles.

Les syénites néphéliniques de l'Oued Endt sont d'une couleur grise, généralement claire, parfois plus sombre. Le type clair est essentiellement composé de cristaux allongés d'orthose, accompagnés de larges et courts prismes de

---

(1) *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 36, 1903, p. 1385.

(1) Notice explicative, 1943.

néphéline et de cristaux disséminés d'augite ægyrinique bordés d'ægyrine. Parmi les minéraux accessoires se trouvent : le sphène, la *cancrinite*, la fluorine violette et un minéral, assez rare, la *rinkite*, visible au microscope seulement, de composition chimique complexe : $Na_2O.3CaO(Ti,Zr)O_2 3SiO_2 Ce(FeOH)$.

Parmi les variétés plus sombres de syénite néphélinique ægyrinique, certaines sont plus ou moins riches en *eudialyte* d'un rouge carmin.

En plaque mince, ce minéral est caractérisé par sa biréfringence variable, généralement très basse jusqu'à devenir nulle par taches ou par zones, plus élevée des deux côtés des nombreuses fissures. En lumière naturelle, cette zone autour des fissures se détache sur le minéral incolore par sa teinte d'un rouge violacé, très vive dans une direction et orangée dans l'autre. L'eudialyte est un minéral rare. Il n'a été signalé, dans les colonies françaises, qu'aux îles de Los ([2]) et à Madagascar ([3]). Il est connu également en Norvège, à la presqu'île de Kola et en Arkansas. Sa composition chimique : silico-zirconate de chaux et de soude avec un peu de Mn et parfois de Nb, de tantale, de Ce et d'Y, le rapproche des minéraux radioactifs, tels que la gadolinite ou l'allanite, caractérisés aussi par la variation des propriétés optiques, de la densité et de la dureté dans le même individu; ils provoquent souvent des auréoles polychroïques dans les minéraux, les enclavant. Mügge ([4]) suggère que la coloration et le polychroïsme très forts aux bords des fissures d'eudialyte est un phénomène comparable aux auréoles polychroïques autour des cristaux radioactifs (M. A. Lacroix l'a observé autour des inclusions d'ægyrine).

Dans le gisement de l'Endt, l'eudialyte paraît remplacer partiellement ou entièrement la néphéline. C'est le même rôle que joue, dans les roches étudiées, la *cancrinite*, qui forme des plages ou des agrégats de petits cristaux à l'emplacement de la néphéline. Certains échantillons recueillis dans les alluvions de l'Oued Endt représentent des facies pegmatitiques à longs cristaux d'orthose et d'ægyrine et à beaux cristaux d'eudialyte. Les fissures sont parfois habillées par de la fluorine violette.

L'étude détaillée du massif syénitique du Bou Agrao doit faire l'objet d'une Note plus complète.

MINÉRALOGIE. — *Sur les constituants ferrifères des minerais oolithiques du bassin de Longwy et en particulier sur la genèse de l'hydrohématite dans ces formations.* Note de M^lle **Simonne Caillère** et M. **François Kraut**.

Au cours d'une étude sur les minerais du bassin de Longwy, nous avons identifié, outre la stilpnosidérite et la limonite, constituants habituels de ces formations, une espèce assez rare, l'hydrohématite. Les caractères de

---

([2]) A. Lacroix, *Comptes rendus*, 142, 1906, p. 681.
([3]) A. Lacroix, *Nouv. Arch. Muséum*, 1903, p. 185.
([4]) *Centralbl. Min., Geol. und Paläont.*, 1922, p. 759.

ce minéral ne permettent de l'incorporer ni au groupe des hydrates, ni à celui des oxydes. Sa composition chimique et ses propriétés optiques, coloration, pouvoir réflecteur le placent entre la limonite et l'hématite. Il se présente dans des conditions extrêmement curieuses dans la couche rouge à Tiercelet, Micheville et Bréhain, et dans la couche grise à Moulaine et à la Sauvage.

Les seuls minéraux ferrifères du bassin de Longwy sont des oxydes hydratés et nous examinerons d'abord leur répartition.

Quel que soit le niveau envisagé, les oolithes renferment de la stilpnosidérite; le plus souvent c'est le constituant essentiel. D'une façon constante, elle se développe dans la zone corticale et ce n'est qu'exceptionnellement qu'on l'observe au centre des oolithes. Sa participation est également importante dans la gangue et dans les organismes où elle est associée à la calcite et à la limonite. Par contre la stilpnosidérite est rare dans les éléments clastiques.

La plupart des oolithes ont un noyau de limonite. Ce minéral se forme aussi dans la zone corticale et il constitue une grande partie des fragments clastiques. Sa présence dans la gangue est exceptionnelle, nous l'avons seulement observé dans le ciment de la couche grise.

L'hydrohématite est toujours associée à la limonite, elle s'y développe en fines couches assez rigoureusement parallèles dont chacune traverse une série de noyaux et de fragments.

Après avoir examiné le rôle des constituants ferrifères, voyons comment on peut expliquer leur présence et envisager leur évolution.

Le gel ferrugineux amené à la mer par les cours d'eau peut se concentrer autour des noyaux et donner naissance directement aux oolithes ou imprégner les ovoïdes calcaires ou chloriteux. D'autre part, il peut pénétrer par le même mécanisme les organismes et le ciment calcaire. Mais la stilpnosidérite n'est pas stable; elle tend à se transformer en limonite, en particulier sous l'influence des actions mécaniques. Dans l'enveloppe corticale, la déshydratation se fait sous l'effet de forces concentriques dues à la consolidation du ciment.

D'autre part l'oolithe étant constituée par une série de couches, il est vraisemblable que celles-ci sont plus ou moins hydratées dès l'origine. Ces deux faits expliquent l'alternance des zones de stilpnosidérite et de limonite. De plus dans les agrégats et les organismes calcaires, les cristaux sont souvent remplacés par la limonite. Nous avons donc deux processus différents qui conduisent à sa formation : 1° l'évolution du gel vers l'état cristallin; 2° le remplacement direct du carbonate ou du phosphate préexistant par l'hydroxyde cristallisé.

En ce qui concerne les fragments opaques, leur forme indique incontestablement une origine détritique. Or, aucun vestige ne subsiste d'un gîte

qui les aurait fournis. La seule hypothèse à retenir est que, primitivement calcaires et phosphatés, ils sont parvenus à l'état d'hydrate cristallisé par un processus de remplacement antérieur au dépôt. On peut donc distinguer deux générations de limonite, la plus ancienne étant représentée par les noyaux et les fragments, tandis que la seconde apparaît dans la zone corticale des oolithes et dans la gangue.

C'est dans la limonite de la première génération que se forme l'hydrohématite. Nous avons vu qu'elle se présente en bandes rectilignes sensiblement parallèles, et cette circonstance permet d'imaginer les conditions de sa genèse. En effet, un phénomène qui se réalise suivant des plans quasi géométriques ne peut avoir pour origine que des facteurs mécaniques. On sait, d'autre part, qu'une augmentation de pression favorise le départ d'eau. Il est donc permis de supposer qu'après sa consolidation le minerai a été soumis à une pression dirigée qui a déterminé la direction des zones de déshydratation. Le fait que la même couche d'hydrohématite traverse une série de noyaux et de fragments prouve, qu'au moment où se sont exercées les actions mécaniques envisagées, les éléments affectés par ce phénomène se trouvaient déjà dans la position qu'ils occupent actuellement. La limonite de première génération qui contenait peu d'eau hygroscopique était plus apte à subir cette transformation.

GÉOLOGIE. — *Corrélations, par la pédologie, entre les glaciations alpines et quelques faunes et industries préhistoriques du Quaternaire européen.* Note (1) de M. **Franck Bourdier**.

Le tableau ci-après, groupant des résultats antérieurs (2), n'est basé ni sur la chronologie *courte* de Marcellin Boule, trop simple pour unir les faits maintenant connus, ni sur le parallélisme universel des terrasses, de Lamothe et Depéret, contraire aux lois de l'alluvionnement fluviatile. Quant aux variations du niveau des océans, universelles aussi, elles ne sauraient fournir de corrélations générales tant qu'elles n'auront pas été distinguées des mouvements continentaux du sol, différents selon les régions.

Seules, croyons-nous, les variations du climat peuvent constituer actuellement une base solide à la chronologie du Quaternaire parce qu'elles ont conditionné à cette époque la plupart des grands phénomènes géologiques. En particulier, chaque période climatique a donné alors naissance à des sols bien caractérisés, ayant, dans l'espace, la vaste extension des climats eux-mêmes. Ces sols permettent donc les corrélations lointaines que l'on avait espéré

(1) Séance du 24 mars 1947.

(2) F. Bourdier, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 530; 215, 1942, pp. 422 et 473; *Bull. Soc. Préhist. Fr.*, 40, 1943, p. 239; *C. R. Congrès Soc. Belge de Géologie* de 1946 (sous presse).

Glaciations alpines et leur couverture pédologique.	Faunes marines et continentales Europe.	Dépôts fluviatiles Somme (St-Acheul) et Charente.	Industries humaines Somme, Dordogne, Charente.	Hommes fossiles Europe.
Post-Würm, sol actuel, climat tempéré.	Faune banale actuelle.	Dépôts tourbeux des fonds de vallées.	Ages des métaux, Néolithique, Mésolithique.	*Homo sapiens.*
Würm, lœss récent, climat froid.	*Pecten islandicus*, *Columella columella*, Renne.	Graviers sous les dépôts tourbeux.	Magdalénien, Aurignacien, Moustérien.	*Homo sapiens*, h. de la Quina.
Riss-Würm, limons jaunes décalcifiés, climat tempéré.	Faune à Strombes (Grimaldi) *Belgrandia*, *El. antiquus*, *Rhinoceros merckii.*	Bas niveaux (couches supérieures sous le lœss récent).		h. de Steinheim et Saccopastore.
Riss, lœss ancien, climat froid.	*C. columella*, Renne (bassin du Rhône, Alsace).	Bas niveaux (couches moyennes).		
Mindel-Riss, sols rouges, banc calcaire concrétionné dans les lœss, climat chaud.	Tyrrhénien à Strombes, *Zonites* (La Celle); *Rhin. etruscus* (Charente); *Trogontherium* (Chelles); *El. meridionalis* (St-Acheul).	Moyen niveau sous le lœss ancien et soubassement des bas niveaux.	Levalloisien — Clacto-Tayacien — Acheuléen —	h. de Swanscombe [h. de Piltdown?]
Mindel (lœss durci à faune froide?), climat froid.	Sicilien, à *Cyprina islandica*. *C. columella* et Renne en Alsace.	Hauts niveaux très rubéfiés *pro parte*.		
Pré-Mindel, lœss durci à faune archaïque (mammifères) et tempérée-chaude (mollusques).	Calabrien, faune d'Abbeville, de Cromer, du Villafranchien *pro parte*; Crags froids; derniers *Mastodon* à Mosbach?	Hauts niveaux très rubéfiés *pro parte*.	— Abbevillien —	h. de Mauer. [h. de Piltdown?]
Pliocène Supérieur, limon panaché, climat chaud.	Crags chauds; faune du Villafranchien *pro parte*.	Alluvions des plateaux?	?	

Nota. — Actuellement, les *Zonites* vivent surtout en Europe sud-orientale, les *Belgrandia* sont réfugiées dans les sources et *Columella columella* (pupidé) n'a persisté qu'en haute montagne.

Principales pièces caractéristiques du Paléolithique. — *Abbevillien :* bifaces grossiers qui s'affinent dans l'*Acheuléen;* dans ces deux industries, éclats avec plan de frappe oblique et lisse. *Clacto-Tayacien :* même type d'éclats, pas de bifaces, mais parfois quelques outils d'allure moustérienne. *Levalloisien :* nouveau type d'éclats à plan defrappe à facettes. *Moustérien :* abondance des racloirs. *Aurignacien* et *Magdalénien :* abondance des lames.

naguère déduire des changements de niveau des océans. Ainsi, jusque dans la vallée de la Volga, et peut-être même en Extrême-Orient, semblent exister des lœss, sols rouges et limons jaunes identiques à ceux qui nous ont permis de caractériser les terrasses fluvio-glaciaires du Mindel, du Riss et du Würm dans les Alpes françaises.

Parmi les plantes et les Mollusques du Pliocène, la brusque arrivée de nombreuses espèces moins *chaudes* peut, par définition, marquer le début du Quaternaire ancien, du Pré-Mindel. Dans ce Quaternaire ancien, en Angleterre, aux Pays-Bas et ailleurs, A. Cailleux a mis en évidence une phase éolienne à laquelle peut être attribué le très vieux lœss, à bancs de calcaire concrétionné secondairement, que nous avons étudié dans la vallée du Rhône avec J. Favre et J. Viret. Ce lœss ne saurait dater de l'hypothétique glaciation du Günz, car, outre de nombreux mammifères de type pliocène, il contient des Mollusques terrestres de climat tempéré chaud, comme *Rumina decollata* et *Goniodiscus algirus*.

Au sujet du synchronisme des faunes marines et des glaciations, notre tableau est presque identique à celui donné par M. Gignoux ([3]), et il confirme la répartition des industries humaines admise par l'Abbé Breuil. Ainsi, entre la géologie et la préhistoire, s'établissent de nouveaux liens qui mettent mieux en évidence, entre autres, une première et très longue phase de transformation lente des industries et des fossiles humains, puis, après le Moustérien, une deuxième phase plus courte, avec un perfectionnement des industries si rapide, qu'il fait paraître presque immobile, par contraste, l'évolution corporelle de l'homme qui reste lente.

BOTANIQUE. — *Les calices à développement tardif : cas de* Sherardia arvensis *L.* Note de M. **Claude Arnal**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Très généralement, dans la fleur des Angiospermes, les différents cycles floraux apparaissent successivement de l'extérieur vers l'intérieur de la fleur; le calice est donc le premier verticille qui se forme dans l'ébauche florale. Cependant, dans quelques cas (Valérianacées, Dipsacées, plusieurs genres de Rubiacées), le calice apparaît après la corolle ou même après l'androcée. Cette apparition tardive du calice, en désaccord avec les lois habituelles de l'organogénie, constitue un problème qui a reçu plusieurs solutions divergentes. Certains auteurs (Warming, Vidal) ([1]) considèrent plus spécialement les cas assez fréquents où ces calices forment sur le fruit des aigrettes plus ou moins développées (*Centranthus*, *Valeriana*), et ils estiment que cette aigrette n'est pas un véritable calice mais un simple trichome. D'autres [Eichler ([2]), van Tieghem]

([3]) *Géologie stratigraphique*, 2e édit., p. 615.

([1]) *Ann. Univ. Grenoble*, 3, XV, 1903, p. 32.

([2]) *Blüthendiagramme*, 1, 1875, p. 260.

pensent qu'on a bien là un véritable calice, mais expliquent difficilement son apparition tardive. C'est ainsi que Eichler admet que plus un organe est petit, plus il apparaît tardivement. En fait, cette règle ne semble guère valable puisqu'il existe d'une part des fleurs à calice très petit et apparaissant cependant en premier lieu (Ombellifères) et, réciproquement, des fleurs à calice assez grand se formant cependant après la corolle (diverses espèces de *Valerianella* et de *Scabiosa*, *Sherardia arvensis*).

C'est pour tenter d'élucider cette question que nous avons étudié l'anatomie de la fleur de *Sherardia arvensis* pour laquelle aucune des interprétations précédentes n'est satisfaisante. Ce que l'on appelle le calice, dans cette fleur, apparaît bien, en effet, après l'androcée, mais il est constitué par six dents larges, vertes et bien développées, réunies à la base en deux groupes de trois. La paroi externe de l'ovaire infère est parcourue par six faisceaux libéro-ligneux principaux qui se rendent directement dans chacune des dents du pseudo-calice (*faisceaux directs*). Arrivé au voisinage du sommet, chacune de ces nervures se réfléchit à la face interne de chaque dent et redescend au niveau d'insertion de la corolle sur l'ovaire (*faisceau réfléchi*); en cet endroit, il existe un plexus d'anastomose entre tous les faisceaux réfléchis et les faisceaux de la corolle.

La nervation de ces pseudo-sépales, comprenant un faisceau réfléchi, est donc essentiellement différente de celle que l'on rencontre dans le limbe des sépales normaux, où il n'existe que des faisceaux directs. Elle est semblable, au contraire, à celle qui est habituelle dans les éperons. Le fait que ces pseudo-sépales sont des organes pleins, non creux comme la plupart des éperons, n'a rien d'exceptionnel; nous avons montré par ailleurs ([3]) que, dans la fleur des Violacées, on a des transitions entre les éperons creux typiques et les appendices pleins de forme variée à nervation double (directe et réfléchie), simple ou même nulle.

L'interprétation des pseudo-sépales de *Sherardia* comme de simples éperons de l'ovaire, établie sur la disposition de leur appareil vasculaire, permet d'expliquer ce qui paraît anormal dans l'interprétation classique :

1° Le développement tardif de ce pseudo-calice est normal, un éperon se forme toujours après l'organe qui le porte, ici, par conséquent, après la paroi externe de l'ovaire.

2° Le plexus d'anastomose qui relie habituellement, dans les fleurs à ovaire infère, tous les faisceaux des pièces florales externes au niveau de leur insertion, n'intéresse pas ici les faisceaux directs des pseudo-sépales; ce serait une anomalie si ces organes étaient de véritables sépales, cela n'en est plus une dans notre interprétation puisque les faisceaux directs n'appartiennent qu'à l'ovaire

3° L'hétéromérie entre la corolle et le pseudo-calice pose un problème dans l'interprétation habituelle (cf. Eichler), elle s'explique par notre hypothèse : l'ornementation de l'ovaire est fréquemment indépendante de la symétrie

---

([3]) *Thèse*, Dijon, 1945.

générale de la fleur. Certaines Ombellifères (*Smyrnium* par exemple) présentent de même six côtes sur leur ovaire, malgré que la fleur soit pentamère.

L'anatomie de ce que l'on appelle le calice de la fleur de *Sherardia arvensis* montre donc qu'il s'agit, en fait, d'éperons portés par la partie supérieure de l'ovaire. Cette interprétation explique facilement le développement tardif et l'hétéromérie de ce pseudo-calice et crée un rapprochement supplémentaire entre les Rubiacées et les Ombellifères. L'étude d'autres exemples de calice à développement tardif nous montrera si elle peut être généralisée.

ZOOLOGIE. — *Cas d'inversion du sexe chez* Porcellio dilatatus *Brdt.* Note (¹) de M. **Jean-Jacques Legrand**, présentée par M. Charles Pérez.

Dans une Note récente (²) nous avons exposé les différents aspects de l'intersexualité découverte dans une population restreinte de l'Oniscoïde supérieur *Porcellio dilatatus* Brdt. Les individus décrits sous le nom d'intersexués 2 apparaissent comme des mâles dont les gonades, après un état testiculaire typique, ont subi une transformation en ovaires généralement parfaits et fonctionnels chez les plus grands individus.

Pour parler d'une inversion du sexe, il importait de saisir sur le fait une transformation sexuelle externe. D'autre part, faute de pouvoir suivre l'état des gonades parallèlement à la transformation des caractères sexuels externes, il importait d'identifier tout au moins l'état des gonades au moment de la fixation à celui précédemment décrit chez des intersexués de taille approximativement égale. C'est ce qui a été réalisé par l'élevage de jeunes individus.

Sur 15 jeunes mâles mis en élevage dès l'apparition de l'apophyse génitale (4ᵉ mue), l'un d'entre eux a présenté une évolution particulière.

Jusqu'à la 5ᵉ mue cet individu s'est comporté comme un mâle identique aux autres. L'apophyse génitale, apparue à la 4ᵉ mue, s'est allongée à la mue suivante, sa pointe parvenant au niveau du bord distal des exopodites de la première paire de pléopodes. Les endopodites des deux premières paires de pléopodes ont subi parallèlement une première différenciation dans le sens mâle : croissance des endopodites 1, sans changement appréciable de forme, endopodites 2 acquérant la forme de courts stylets, nettement différents de la forme tronconique massive des endopodites femelles.

Par contre à la 6ᵉ mue, l'apophyse génitale et les endopodites 1 et 2 sont demeurés à ce stade de leur différenciation mâle, *tandis qu'apparaissaient sur le 5ᵉ sternite thoracique des ouvertures génitales femelles normales.*

L'individu a été suivi en élevage pendant 8 mois, puis sacrifié alors qu'il avait atteint une taille de $9^{mm},5$. Il est à remarquer que la durée de ses intermues

(¹) Séance du 24 mars 1947.

(²) J.-J. et H. Legrand, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 853.

a nettement dépassé celle des mâles normaux du même élevage : 30 à 38 jours contre 20 à 25 jours chez ces derniers.

A chaque mue les organes précédemment différenciés dans le sens mâle *ont conservé cette différenciation*. Mais tandis que *l'apophyse génitale ne subissait aucun accroissement, les endopodites 1 et 2 se sont développés parallèlement aux autres parties du corps, donc suivant le taux de croissance femelle.*

Lors de la fixation, l'individu présentait des gonades correspondant nettement à l'ovotestis décrit chez les intersexués de taille analogue : testicule réduit à un tube étroit, utricules médian et postérieur filamenteux, ovaire développé du côté interne avec quelques ovules bien formés, oviducte bien constitué, canal déférent réduit à un cordon plein aboutissant à l'apophyse génitale.

L'étude de l'évolution de cet individu établit donc de façon formelle la réalité de l'inversion sexuelle. Il n'est cependant pas exclu, vu la lenteur de cette transformation, que la ponte soit impossible ou extrêmement faible et en tous cas n'intervienne que très tard chez cet intersexué.

Cette étude établit en outre la persistance des caractères sexuels secondaires mâles qui restent figés dans leur différenciation sexuelle, déjà acquise au moment du virage, *mais non dans leur croissance*, du moins pour les endopodites 1 et 2. Ce résultat infirme l'opinion d'Arcangeli ([3]) sur une prétendue régression des caractères sexuels secondaires après l'inversion sexuelle, parallèlement à la transformation des gonades.

La différence de comportement entre l'apophyse génitale et les endopodites 1 et 2 témoigne de la nature différente de ces deux caractères sexuels externes et confirme que l'apparition de l'apophyse génitale et sa croissance sont sous la dépendance des canaux déférents ([4]) : ceux-ci restant stationnaires à partir du virage, l'apophyse génitale ne croît plus.

L'étude de ce cas d'inversion sexuelle démontre que l'intersexualité de ce type et l'hermaphrodisme protandre fonctionnel, tel qu'on le rencontre chez le genre *Rhyscotus* (*Porcellionidæ* tropical), ne sont que deux aspects différents d'un seul phénomène. Chez les intersexués la phase mâle est simplement plus courte et se termine avant la maturité des gonades et des caractères sexuels secondaires. L'intersexué, signalé par Vandel ([5]), présentant à la fois un marsupium rempli d'œufs et un testicule renfermant des spermatozoïdes bien conformés, établit un pont entre ces deux aspects de la sexualité des Oniscoïdes et suggère la possibilité d'une installation de l'hermaphrodisme protandre chez *Rhyscotus* par extension de cette intersexualité fonctionnelle, parallèlement à une disparition des mâles purs. La fréquence des intersexués (12,9 %) constatée chez la

---

([3]) *Boll. Mus. zool. Anat. Comp. R. U. Torino*, (4), 49, 1942, pp. 139-149, 1 tabl.

([4]) J.-J. Legrand, *Bull. Biol. Franco-Belge*, 80, 1946, pp. 246-385, 20 fig., tabl.

([5]) *Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences*, 1946 (sous presse).

population de *Porcellio dilatatus* étudiée dans une Note précédente ([5]), et la rareté des mâles due à la thélygénie de certaines espèces rendent acceptable cette hypothèse. Malgré le peu de certitude qu'on peut avoir sur les faits d'hermaphrodisme décrits par Arcangeli ([6]) chez la race sarde de *Chætophiloscia elongata*, il se pourrait que la rareté des mâles, consécutive à la thélygénie propre à cette espèce [Vandel ([7])], soit sur le point de transformer une tendance naturelle à l'intersexualité en un hermaphrodisme protandre fonctionnel.

CYTO-HÉMATOLOGIE. — *Sur la fragilité des polynucléaires dans le sang pathologique*. Note ([1]) de M. ÉMILE PINEL, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

En effectuant, à l'Hémo-étaleur automatique, des étalements par aspiration ([2]) de sang périphérique et de sang veineux, prélevés chez chaque sujet au même instant, on relève les faits suivants : dans les deux sangs, les études qualitative et quantative, ci-après, ont donné les mêmes résultats.

A. ÉTUDE QUALITATIVE. — 1° *Les altérations provoquées.* — Aux vitesses supérieures à 3 cm/sec., les noyaux de certains polynucléaires s'étirent dans le sens de l'étalement (*fig.* 1), et chez d'autres, dont les granulations ont augmenté notablement de volume, les cytoplasmas éclatent dans le même sens, formant des groupes de granulations. Ces derniers, notamment, sont d'autant plus allongés dans le sens de l'étalement et se rencontrent d'autant plus près de son extrémité distale, que la vitesse est plus grande (*fig.* 2 et 3).

2° *Les altérations naturelles.* — Aux vitesses inférieures à 3 cm/sec, dans les infections aiguës, on constate que chez certains polynucléaires dont les granulations sont normales, les noyaux deviennent de plus en plus granuleux, au cours du temps, et finissent par s'étendre dans des sens quelconques, tandis que leurs cytoplasmas disparaissent (*fig.* 4). Dans d'autres cas pathologiques, les cytoplasmas de certains polynucléaires à grosses granulations éclatent dans tous les sens, formant des groupes de granulations (*fig.* 5), qui, de même que les noyaux granuleux, se rencontrent à n'importe quel endroit de l'étalement. Ainsi, la vitesse d'étalement qui, précédemment, affectait ces deux types d'altérations d'une direction et de positions privilégiées en fin d'étalement, ne joue ici aucune espèce de rôle. En particulier, les granulations des cytoplasmas, en voie d'éclatement ou éclatés, prennent diverses teintes à la coloration; c'est

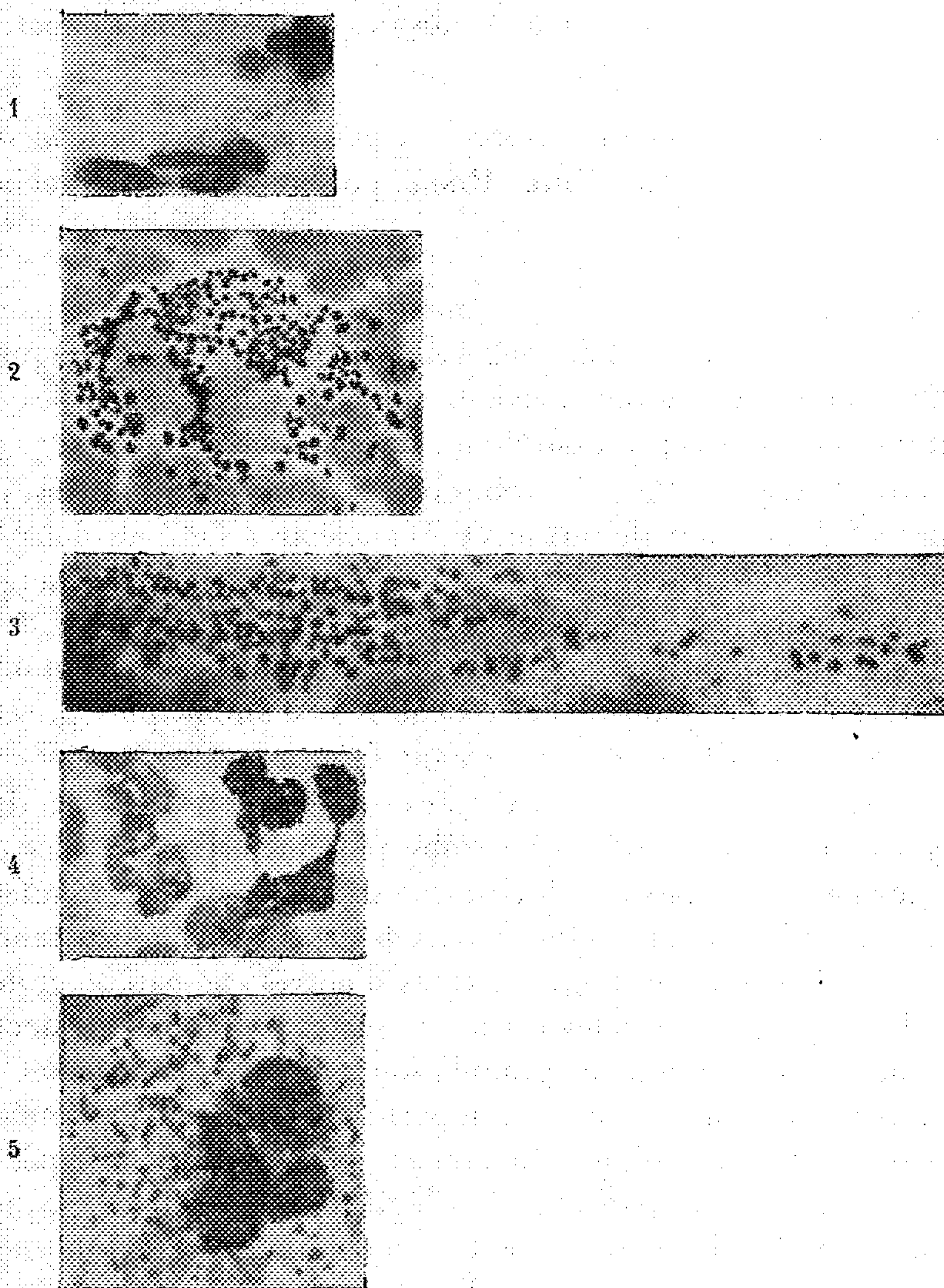
([6]) *Mon. Ital.*, (6), 36, 1925, pp. 105-122.

([7]) *Bull. Biol. Franco-Belge*, (3), 75, 1941, pp. 316-363, 9 fig., 5 tabl.

([1]) Séance du 24 mars 1947.

([2]) Ce procédé réduit les influences sur les leucocytes des facteurs physiques de l'étalement à celle de la vitesse uniquement.

ainsi que le plus souvent, on rencontre la coloration basophile dans la tuberculose et les colorations pourpre ou éosinophile dans le cancer. Ces résultats, joints au fait qu'aucune altération des leucocytes n'a été rencontrée dans le sang normal, prouve que chacun de ces deux types d'altérations est une pro-



priété d'une fragilité des polynucléaires, fragilité particulière à tel ou tel sang pathologique.

B. Étude quantitative. — Nous avons chiffré cette fragilité, soit par les nombres moyens g de noyaux granuleux, soit par les nombres moyens G de groupes de granulations, rapportés à 100 leucocytes numérés. En comparant les variations, au cours du temps, de ces deux nombres, aux courbes en cloche

des graphiques leucocytaires ([3]), on constate que : dans les branches ascendantes de ces courbes, *g* est faible ou nul et G généralement nul; au voisinage immédiat des sommets et des branches descendantes de ces courbes, ces nombres augmentent considérablement; on assiste parfois à une véritable ondée d'altérations de l'un ou l'autre type. Par suite, les variations, au cours du temps, de la fragilité des polynucléaires sont soumises aux rythmes leucocytaires ([4]) et légitiment, de ce fait, les formes en cloche.

En thérapeutique, on constate que ces deux nombres décroissent en même temps que les signes cliniques s'améliorent et que les rythmes s'allongent : le premier, par injections de vaccins adéquats et le second, par injections de substances hyperleucocytiques à base de cholestérol et de cinnamate de benzyle. Ces faits ne sont réguliers que si les injections sont faites suivant la méthode des instants favorables ([5]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Augmentation par l'action du radon de la teneur en vitamine* A *de l'huile de foie de poissons. Étude spectrophotométrique.* Note de MM. **David Libermann** et **Israël Grundland**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les travaux de N. D. Embree et E. M. Schantz ([1]) d'une part, et C. Chéchan, R. Grangaud et R. Massonet ([2]) d'autre part, ont montré, dans l'huile de foie de poissons, l'existence d'une substance qui, soumise à une distillation, se transforme en vitamine A. Pour les premiers auteurs, il s'agirait d'une substance à formule brute voisine du carotène, mais comportant deux groupements hydroxylés, le kitol $C_{40}H_{60}O_2$. Cette substance, considérée comme provitamine A, se transforme par chauffage à 200° en vitamine A. Le travail de C. Chéchan, R. Grangaud et R. Massonet conclut à la présence, dans les huiles de foie de poissons, d'une substance aux dépens de laquelle, lors de la distillation moléculaire, se forme la vitamine A.

Nous avons soumis l'huile de foie de morue à l'action du radon dans le but de vérifier s'il serait possible de reproduire ces résultats par l'action de particules chargées. En effet, le radon se dissout parfaitement dans les huiles, et ainsi l'inconvénient du court trajet des particules α émises est compensé par le contact intime avec la substance à traiter. D'autre part, à supposer que cette substance soit le kitol ou un autre caroténoïde, il nous semblait probable que l'effet du choc par une particule α, joint à l'action

---

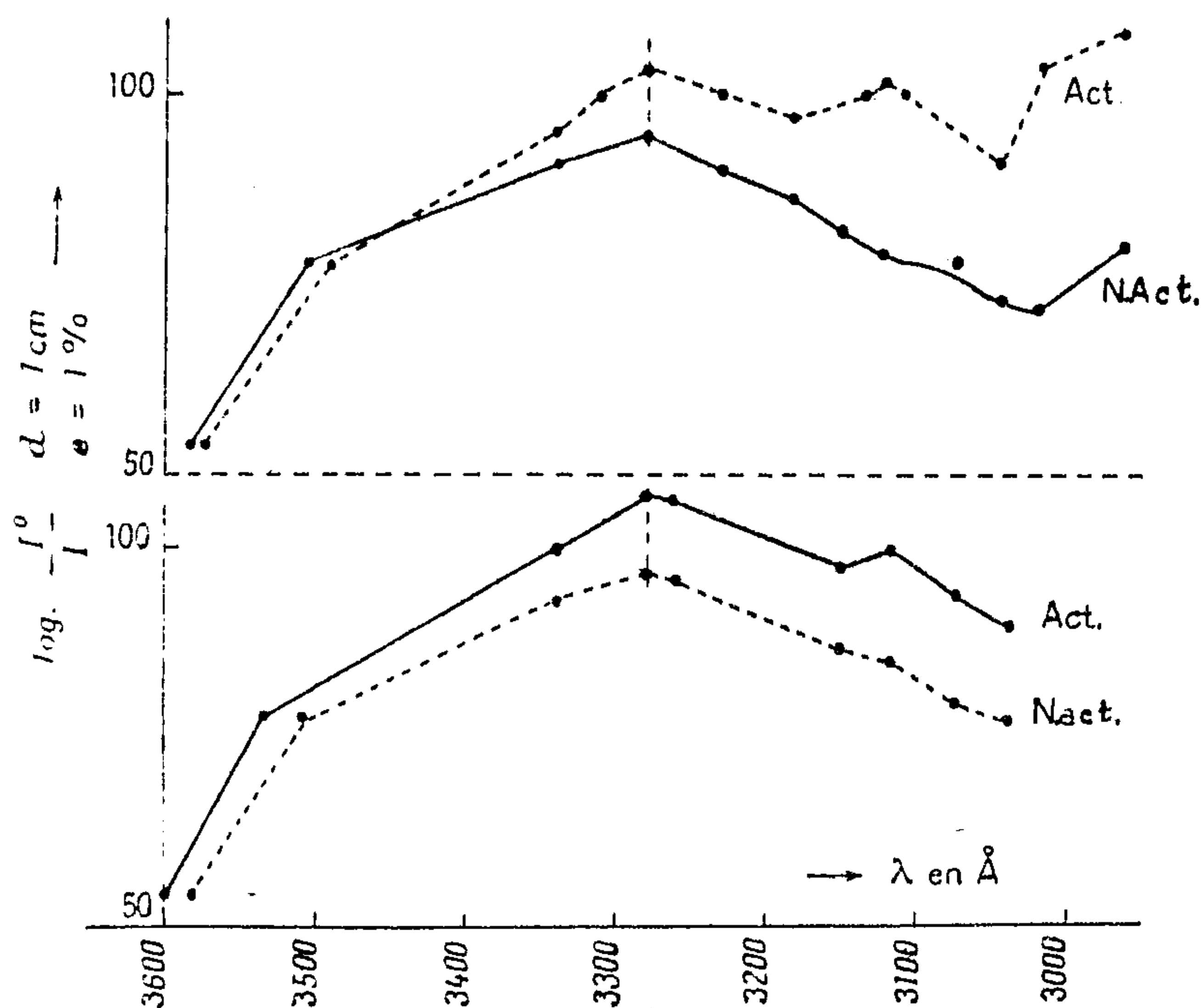
([3]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 231.
([4]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 231.
([5]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 965.

([1]) *J. Amer. Chem. Soc.*, **65**, 1943, p. 910.
([2]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **28**, 1946, p. 577.

de sa charge positive, pourrait se traduire avec le maximum d'effet à l'endroit de la double liaison retenant les deux édifices semblables, constitués par un cycle de β-ionone et une chaîne latérale. En d'autres termes, le point de rupture sous l'influence du choc serait cette double liaison médiane, et les fragments ionisés de l'eau venant de l'humidité résiduelle de l'huile, suffiraient à saturer le moignon de la chaîne latérale, par formation d'un groupement alcool de la vitamine A.

Il a paru, dans le cours de nos expériences, qu'il fallait faire une plus large part à l'effet de la charge positive de la particule α, puisque, en dehors des phénomènes de fragmentation et d'ionisation imputables aux chocs, il est apparu des modifications structurales de la molécule dans le sens de son oxydation.

Ainsi, nous avons soumis 100$^{cm^3}$ de divers échantillons d'huile de foie de morue à l'action de 500 microcuries de radon en moyenne. L'émanation arrivait dans le récipient contenant l'huile et où le vide avait été fait au préalable. Ces huiles ont été soumises, après un délai de cinq jours environ, à un examen spectrophotométrique en vue du dosage de la vitamine A ([3]).



Nous avons utilisé un spectrographe Zeiss à optique en quartz et, comme source de lumière, un tube à hydrogène de Chalonge et Lambrey donnant un spectre continu dans l'ultraviolet. Nous avons enregistré, sur la même

([3]) Morton et Heilbron, *Nature*, 122, 1928, p. 10; *Biochem. Journ.*, 22, 1928, p. 987.

plaque au même temps de pose, le spectre de l'huile non activée, celui de l'huile après activation et une série de spectres du solvant pris après interposition sur le trajet lumineux d'une série de grilles à densité optique étalonnée au préalable. Après développement, les différents spectrogrammes ont été enregistrés à l'aide du microphotomètre enregistreur de Chalonge et les courbes tracées représentent

$$\log \frac{I^0}{I} = F(\lambda) \text{ en Å}, \qquad d = 1^{cm}, \qquad c = 1\%.$$

Nous notons, après activation, une élévation constante de l'ordonnée du maximum d'absorption dans les huiles, se situant aux environs de 3280 Å, que nous tiendrons pour caractéristique d'une augmentation de la vitamine A.

Cette élévation atteint en moyenne 10 % de la valeur primitive et, à ce point de vue, les résultats de l'action du radon sont superposables à l'effet de la distillation moléculaire des huiles de foie de poissons.

Cependant, en dehors et en plus de l'enrichissement en vitamine A, on note sur nos courbes, et plus particulièrement sur celles obtenues avec les huiles vierges (non redistillées) traitées par le radon, l'apparition d'un autre maximum d'absorption situé aux environs de 3125 Å qu'on n'observe pas sur les courbes obtenues avec l'huile non traitée. Ce maximum d'absorption correspond, vis-à-vis de la vitamine A, à un déplacement de l'ordre de 150 Å environ, et pourrait être dû à un époxy-axérophtol au sens de P. Karrer (4) ou de A. Vinet et P. Meunier (5), époxy-axérophtol qui pourrait être le produit de destruction de la vitamine A par le radon signalé par Chalmers, Goodwin et Morton (6).

SÉROTHÉRAPIE. — *Action thérapeutique du sérum antiscorpionique.* Note (1) de M. **Étienne Sergent**, présentée par M. Edmond Sergent.

Nous avons rendu compte, en 1936, de l'instauration, à l'Institut Pasteur d'Algérie, de la préparation d'un sérum contre le venin de Scorpion (2). Ce sérum était demandé pour le Sahara et les steppes voisines, surtout pour le Sud-tunisien et le Sud-constantinois, où, chaque été, on déplore des dizaines de décès dus à la piqûre de Scorpions. Un médecin qui a enregistré, dans la seule oasis de Touggourt, pendant l'année 1939,

---

(4) *Bull. Soc. Chim. biol,* **28**, 1946, p. 688.
(5) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1144.
(6) *Nature*, **155**, 1945, p. 513.

(1) Séance du 10 mars 1947.
(2) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 989.

400 envenimements, dont 15 suivis de mort, y dénonce le *péril scorpionique* [3].

La zone de plus grande fréquence des piqûres mortelles correspond à l'aire de distribution, dans l'Afrique du Nord, d'un certain grand Scorpion jaune : *Prionurus australis* L. La toxicité du venin des Scorpions varie beaucoup suivant les espèces. Sur les 15 espèces de l'Afrique du Nord, les 6 les plus répandues ont été étudiées de ce point de vue. En se servant comme venin de la poudre de telsons finement broyée, on peut dresser le tableau des doses minima mortelles pour la Souris de 20^g :

Prionurus australis L.	1/40 de telson
Prionurus amoreuxi Audoin.............	1/15 »
Prionurus hoggarensis Plry..............	1/12 »
Buthus occitanus Amrx..................	1/2 »
Hottentota gentili Plry..................	de 3/4 à 1 telson
Scorpio maurus L.......................	7 telsons.

Il est à noter que *Buthus occitanus*, qui est fréquent dans le Midi de la France, n'y a jamais causé mort d'homme, tandis que nous avons observé, dans les environs d'Alger, plusieurs cas de piqûres mortelles chez des enfants européens.

Dans l'envenimement scorpionique, la mort survient le plus souvent entre 2 et 20 heures après la piqûre. Un nourrisson a péri quelques minutes après avoir été piqué. Les enfants et les vieillards sont beaucoup plus sensibles que les adultes à l'envenimement scorpionique.

La gravité des symptômes de l'envenimement dépend donc de l'espèce à laquelle appartient le scorpion piqueur et aussi de l'âge du sujet piqué. De plus, les recherches expérimentales avec *Pr. australis* montrent que la grande variabilité des signes d'intoxication peut tenir également au fait que les glandes venimeuses ont été vidées par une piqûre antérieure récente (depuis moins de quatre jours).

Pour la préparation du sérum antiscorpionique, des chevaux reçoivent des doses croissantes de venin de *Pr. australis*. On a vérifié que ce sérum est efficace contre le venin de tous les Scorpions de l'Afrique du Nord. Le titrage de son activité s'effectue sur la Souris de 20^g environ. Un sérum est considéré comme bon quand il sauve 80 % au moins des Souris traitées, dont les témoins, qui ont reçu la même dose de venin, meurent tous en moins de deux heures.

Le sérum antiscorpionique a été mis à la disposition des médecins en 1936. Plus de 497 litres ont été délivrés depuis lors. Nous avons reçu, en dix ans, 2209 observations médicales de piqûres, traitées ou non par le sérum. Nous écartons de notre statistique les cas bénins, et aussi les cas

(3) Ed. Chaix, *Thèse de Médecine*, Alger, 1940.

sérieux, mais non alarmants *quoad vitam*. Nous ne retenons que les cas très graves considérés par le médecin comme devant aboutir à une issue fatale. Ces cas désespérés traités par le sérum atteignent aujourd'hui le chiffre de 531, dont 134 étaient à la dernière extrémité. Sur ces 531 cas, 472 sujets ont guéri. Les insuccès sont, le plus souvent, attribuables à l'insuffisance ou au retard de l'intervention médicale. La proportion des sujets sauvés d'une mort imminente est donc d'environ 89 %. Les envenimements inquiétants dont les médecins ont eu connaissance à la même époque, mais qu'ils n'étaient pas en mesure de traiter, se sont presque tous terminés par la mort.

Les régions hantées par les Scorpions les plus dangereux étant les oasis sahariennes et les steppes, ce sont, en presque totalité, des Indigènes qui, chaque année, sont sauvés par le sérum antiscorpionique.

La séance est levée à 15h55m.

L. B.

ERRATA.

—

(Séance du 20 janvier 1947.)

Note de M. *Frédéric Gluckmann*, Rôle des bandelettes musculaires dans le phénomène appendiculaire. Une affinité organique supplémentaire entre le Gibbon et l'Homme :

Page 225, *remplacer* le troisième alinéa (lignes 11 à 15) par le suivant :

Au bas de l'échelle, les Singes présentent deux bandelettes complètes, une antérieure et l'autre postérieure (*fig.* 6-7), et une (ou même deux) située sur la face interne du cæcum, prolongée sur le côlon, le long de l'insertion du mésentère, qui la couvre et la cache complètement. Les grands Anthropoïdes présentent *tous* un type de cæcum à deux bandelettes (13 cas examinés). Chez l'Orang et le Chimpanzé, elles ont subi seulement une torsion interne, de 450°, sur leur segment cæcal, de sorte que l'appendice s'implante chez eux directement en arrière (voir *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1184, *fig.* 11 et 14).

(Séance du 10 mars 1947.)

Note de M. *Henri Devaux*, Les méats intercellulaires des plantes supérieures et leur signification :

Pages 696 à 699, *au lieu de* Volfia, *lire* Wolffia.

(Séance du 18 mars 1946.)

Note de M. *Marc Krasner*, Théorie non abélienne des corps de classes pour les extensions finies et séparables des corps valués complets : principes fondamentaux; espaces de polynomes et transformation T; lois d'unicité, d'ordination et d'existence.

Page 626, ligne 35, *au lieu de* p. 37, *lire* pp. 28-30, et ligne 37, *au lieu de* p. 765, *lire* pp. 761-763.

Page 627, lignes 21 et 22, *au lieu de* similitude, *lire* quasi-similitude, et ligne 29, *au lieu de* sur $C\alpha$, *lire* sur l'ensemble des éléments de degré *n* de $C\alpha$.

(Séance du 24 avril 1946.)

Note de M. *Marc Krasner*, Théorie non abélienne des corps de classes pour les extensions finies et séparables des corps valués complets : conducteur, théorie de l'irrégularité :

Page 984, ligne 21, *au lieu de* $\varphi(\Pi_\alpha; v_m(\alpha] - 1)$, *lire* $\varphi(\Pi_\alpha; v_m(\alpha) - 1)$.

Page 985, ligne 14, *au lieu de* borne inf., *lire* borne sup., et *au lieu de* $\sigma\alpha - \beta$, *lire* $\omega(\sigma\alpha - \beta)$; ligne 26, *au lieu de* $\eta_{i,k}^{(\alpha)}$, *lire* $\eta_{i,k}^{(\alpha)}$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de mars 1947.

Institut de recherches du coton et des textiles exotiques. *Coton et fibres tropicales.* Vol. I., Fasc. I et II. Paris, Les Éditions de l'Industrie textile, 1946; 2 fasc. 27cm,5.

Science et Savants. Henri Becquerel et la découverte de la radioactivité, par Albert Ranc. Paris, Éditions de la Liberté, 1946; 1 vol. 19cm.

Manuel de parasitologie humaine, par E. N. Pavlovski. Tome I. Moscou, 1946; 1 vol. 26cm,5 (en langue russe).

Osnovi mecaniki razvitia pozvonotchik, par L. V. Polejáev. Moscou, 1945; 1 vol. 22cm (en langue russe).

Jubilé scientifique de M. Maurice de Broglie, célébré à la Sorbonne le 13 juin 1946. Paris, Gauthier-Villars, 1946; 1 vol. 23cm.

Études dédiées à la mémoire d'André M. Andréadès, publiées par un Comité d'amis et d'élèves sous la présidence de K. Varvaressos. Athènes, Imprimerie Pyrsos, 1940; 1 vol. 25cm.

Academia nacional de Medicine de Buenos-Aires. *Anales del Instituto de Investigaciones fisicas Aplicadas a la Patologia humana.* Ano I. Vol. I. Buenos-Aires, A. Gindi Buffarini, 1940; 1 vol. 26cm,5.

Etapas de la Vida medico-patricia del doctor Juan Madera, par LUCIANO ABEILLE. Buenos-Aires, Guillermo Kraft Ltd., 1945, 1 vol. 26cm.

One hundredth Annual report of the Director of the astronomical Observatory of Harvard College for the Year ending september 30, 1945, by HARLOW SHAPLEY. Cambridge Mass., 1946; 1 fasc. 20cm,5.

Origin of the Moon and its Topography, par REGINALD A. DALY. Extrait de *Proceedings of the American Philosophical Society.* Vol. **90**, n° **2**, 1946; 1 fasc. 26cm,5.

La paradoja historica de Luz Caballera, par ÉLIAS ENTRALGO. La Habana, 1945; 1 fasc. 23cm.

Don Jose de La Luz y la filosofia como ciencia de la realidad, par ROBERTO AGRAMONTE. La Habana, 1946; 1 fasc. 23cm.

Les répercussions chimiques de la maladie chez la plante, par RENÉ SALGUES. Brignoles, Fondation Salgues, s. d., 1 vol. 24cm,5.

Les végétaux vasculaires. Introduction à l'étude de l'anatomie comparée, suivie de notes originales, par PAUL BERTRAND. Paris, Masson et Cie, 1947; 1 vol. 23cm (présenté par M. L. Blaringhem).

Union géodésique et géophysique internationale. Comité national français. Section d'hydrologie scientifique. *Commission du Bassin de la Seine.* Cahier n° 6. *Niveau journalier de la Seine, Vernon* (1885-1940). Paris, Gauthier-Villars, 1947; 1 fasc. 27cm.

Critique et géologie. Contribution à l'histoire des sciences de la Terre (1882-1942) Tome III, par EMMANUEL DE MARGERIE. Paris, Armand Colin, 1946; 1 vol. 28cm.

Pages françaises. N° **21**. Paris, Association pour la diffusion de la pensée française, 1947; 1 vol. 18cm,5 (présenté par M. Élie Cartan).

Fédération française des Sociétés de Sciences naturelles. Office central de faunistique. *Faune de France.* 46, *Halacariens marins*, par MARC ANDRÉ. Paris, Paul Lechevalier, 1946; 1 vol, 25cm.

Sobre el Problema balistico del Proyectil-Cohete, par GODOFREDO GARCIA. Chorrillos, Imp. de la Escuela Militar, 1947; 1 fasc. 24cm.

Generalización de la igualdad de Lagrange y de la desigualdad de Sundman para el caso de más de tres cuerpos, par GODOFREDO GARCIA, in *Publicaciones del Instituto de matematica y estadistica.* Montevideo, R. O. del Uruguay, 1946; 1 fasc. 23cm,5.

Leyes generales de la variación de la densidad en las nebulosas constituidas en general por fluidos viscosos y en especial por un fluido perfecto en movimiento. — Ecuaciones cardinales y escalares generales y completas del movimiento relativo rotacional de los fluidos viscosos complesibles, par GODOFREDO GARCIA. Extracto de las *Actas de la Academia nacional de Ciencias exactas, fisicas y naturales de Lima.* Ano IX. Vol. IX. Fasc. III. Limo-Peru, 1946; 2 fasc. 24cm.

Les amis du Musée océanographique de Monaco. Bulletin trimestriel. N° **1**. Premier trimestre 1947. Monaco, Au Musée océanographique; 1 fasc. 25cm.

Proceedings of the Egyptian Academy of Sciences. Vol. **1**. Cairo, Association of Authorship Translation et Publication Press, 1946; 1 fasc. 29cm,5.

Maladies infectieuses des animaux domestiques, par GEORGES CURASSON. Tomes I et II. Paris, Vigot Frères, 1946 et 1947; 2 vol. 24cm.

Encyclopédie biologique. XXVII. *Parasites (animaux et végétaux) des Helminthes. Hyperparasites, ennemis et prédateurs des Helminthes parasites et des Helminthes libres. Essai de compilation méthodique*, par ROBERT PH. DOLLFUS. Paris, Paul Lechevalier, 1945; 1 vol. 25cm,5.

Délégation générale de France au Levant. Section géologique. *Géologie du site de Beyrouth, avec Carte géologique au 1/20000e*, par LOUIS DUBERTRET. Beyrouth, 1945; 1 vol. 19cm,5.

Fighting french Delegation General in the Levant. Geological Section. — *Lithological of the Eastern Border of the Mediterranean*, par LOUIS DUBERTRET. Traduit par W. B. FISH. Beyrouth, 1943; 1 vol. 19cm,5.

Haut-Commissariat de la République française en Syrie et au Liban. Tome I. *Contribution à l'étude géologique de la Syrie septentrionale. Le Miocène en Syrie et au Liban*, par LOUIS DUBERTRET, HENRI VAUTRIN, ALEXANDRE KELLER, ÉLISABETH DAVID. Tome II. *Contribution à l'étude géologique de la côte libano-syrienne*. I. *Stratigraphie*. II. *Paléontologie*, par LOUIS DUBERTRET, HENRI VAUTRIN, ALEXANDRE KELLER, J. PFENDER, ÉLIANE BASSE, COLETTE DECHASEAUX, LOUIS DONCIEUX. Tome III. *Études paléontologiques*, par Mmes ÉLIANE BASSE, RITA DUBERTRET, GENEVIÈVE DELPEY, MM. FRÉDÉRIC ROMAN, JEAN ROGER, J. DE GUILHERMIER, LOUIS DUBERTRET. Paris. Revue de Géographie physique et de Géologie dynamique. 1933, 1937, 1940; 3 vol. 26cm,5.

Conditions techniques de la production cotonnière en Afrique Noire, par JULIEN GAUTIER, in *Coton et fibres tropicales*, s. d.; 1 fasc. 27cm.

La mise en valeur des pays du Logone, par JULIEN GAUTIER, in *L'agronomie tropicale*, vol. 1, nos 7, 8, 1946; 1 fasc. 27cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 9 AVRIL 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BIOLOGIE. — *Plantes employées par les* charmeurs de serpents *de la Haute-Côte d'Ivoire pour rendre non agressifs les Ophidiens venimeux.* Note de M. AUGUSTE CHEVALIER.

Pendant mon récent séjour en Guinée française (janvier-février 1947), j'ai assisté au Centre estival de Dalaba à des expériences d'un grand intérêt sur des serpents venimeux (Najas et divers Vipéridés) fréquents dans la région. M. Mizoule, attaché à cet établissement, ingénieur qui a vécu longtemps à la Côte d'Ivoire comme chasseur et coupeur de bois et qui connaît bien les coutumes indigènes, me fit savoir que le Service de santé du camp de convalescence avait parmi son personnel trois infirmiers militaires de race Ouobé, originaires du Haut-Cavally, qui savaient capturer sans risques les serpents venimeux de la région (Najas et Vipéridés); ils savaient ensuite, en modulant certains sons, soit de la voix, soit sur un tambourin, les faire remuer et ramper la tête dressée vers le musicien. On avait préalablement obtenu la non-agressivité et l'innocuité de ces serpents. Nos Ouobés les prenaient à la main sans la moindre précaution. Ils les promenaient sur leur poitrine nue, les enroulaient autour de leur cou ou les plaçaient roulés en boule dans le creux de leurs mains. Ces Ophidiens se laissaient manier sans manifester la moindre volonté de mordre. Ensuite on les plaçait sur le sol et dès qu'un musicien chantonnait ou battait sur le tambourin avec ses doigts, le serpent se dirigeait vers le point d'où partaient les sons: Je pus examiner à loisir ces animaux; ils se laissaient caresser sans réagir. Le charmeur leur entr'ouvrait la bouche devant moi pour me montrer que les dents venimeuses ou les glandes des cracheurs étaient en place, et c'était vrai. Il semble bien qu'il n'y avait ni supercherie, ni mystification.

Pour rendre ces serpents non agressifs, nos infirmiers Ouobés m'expliquèrent qu'ils ramassaient dans la brousse trois plantes vertes que l'on pilonne ensuite de manière à les réduire en bouillie. Le charmeur prend cette pâte végétale en main. Il s'en frotte le corps et les mains, puis, avec la même pâte, il caresse le serpent sur toute sa longueur; il entr'ouvre aussi sa bouche et place un peu de

bouillie sur les lèvres et dans la gueule. A partir de ce moment on pourra manipuler l'Ophidien sans qu'il réagisse et cherche à mordre. L'action inhibitrice de l'agressivité persiste pendant environ huit jours.

Au lieu de le frotter avec la bouillie précédente, on peut aussi faire macérer celle-ci à chaud dans un récipient d'eau. On y plonge quelques instants le serpent, et quand il sort la tête de l'eau on le retire. Dès ce moment il cesse aussi d'être agressif et dangereux pour quelques jours. On peut recommencer l'opération plusieurs fois. L'animal traité ne réagit plus : il se laisse manipuler sans chercher à mordre; si c'est un cracheur, il ne lance plus son jet de liquide; le charmeur manipule tous les Ophidiens venimeux de la région sans la moindre précaution.

Je demandais à connaître les plantes employées pour ce traitement. On m'apporta trois plantes rudérales très connues dans la région. Ce sont : *Ageratum conyzoides* L. (composées), *Bidens pilosa* L. (composées), enfin *Cyathula prostrata* Blume (amarantacées).

Le lendemain, mon ami, le chef foulah Tierno Oumarou, à qui je rapportais ces faits, me fit savoir qu'il avait aussi près de lui un charmeur de serpents de race Ouobé. Il le mit à ma disposition et l'on répéta devant moi les opérations de la veille, mais les plantes qu'il m'apporta, employées pour fabriquer la pâte végétale, étaient différentes, mais c'étaient aussi des plantes banales, au nombre de quatre, employées aussi en mélange. C'étaient : *Schwenkia americana* L. (solanée), *Phyllanthus ninuri* L. (euphorbiacée), *Premna hispida* Benth. (verbénacée), *Feretia canthioides* Hiern (rubiacée).

Les deux premières sont des plantes herbacées rudérales, les deux autres de petits arbustes communs dans la brousse soudanaise et guinéenne.

De retour à Dakar ayant mis au courant de mes observations des collègues de l'Institut d'Afrique noire, M. A. Villiers m'apprit qu'un correspondant de Côte d'Ivoire lui avait signalé des faits analogues, mais les deux plantes employées, dont des spécimens me furent soumis, étaient *Ageratum conyzoïdes* déjà cité et *Euphorbia hirta* L.

M. Villiers me fit aussi savoir que des serpents ainsi traités lui avaient été envoyés; ils moururent peu après leur arrivée et à l'autopsie il constata que l'intérieur de la bouche était tout ulcéré. Il se demande si ce n'est pas la bouillie végétale qui avait provoqué ces accidents.

Des recherches ultérieures seront nécessaires pour établir si les plantes employées sont toutes efficaces. L'*Ageratum* et le *Bidens* agissent sans doute par les huiles essentielles renfermées dans ces plantes et les Euphorbiacées par les résines âcres qu'elles contiennent.

CORRESPONDANCE.

Le Comité exécutif du **XI^e Congrès international de Chimie pure et appliquée** invite l'Académie à se faire représenter à ce Congrès qui se tiendra à Londres, du 17 au 24 juillet 1947.

MM. **Carl Størmer** et **Frederick Stratton**, élus Correspondants pour la Section d'Astronomie, adressent leurs remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

— *Le Docteur Alexandre Yersin. Esquisse de ce qu'il fut et de ce qu'il fit*, par Henri Jacotot.

ALGÈBRE. — *Équations dans le corps de Boole et relations entre propositions.* Note [1] de MM. **Augustin Sesmat** et **Victor Lalan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Dans le corps B à 2 éléments, o et 1, on peut former 14 équations distinctes, en égalant à 1, par exemple, les 14 polynomes non dégénérés de l'anneau à 16 éléments [2]. Une telle équation, soit $a=1$, définit entre les variables p et q une relation, en même temps qu'elle définit, dans l'ensemble à 4 éléments $B\times B$, une partie, dont a est la fonction caractéristique. Certaines de ces équations fixent la valeur de p, de q, ou des deux; ce sont $a_1a_2=1$, $a_1a_3=1$, $a_3a_4=1$, $a_2a_4=1$, $a_ia_ja_k=1\,(i, j, k=1, 2, 3, 4)$. Les autres, $a_i=1$, $a_1a_4=1$, $a_2a_3=1$, respectent la variabilité de p et de q; ce sont elles qui définissent, à proprement parler, des relations *entre* p et q. Les 4 équations $a_i=1$ définissent les relations premières; les autres équivalent à des systèmes formés de 2 ou 3 d'entre les équations $a_i=1$.

La relation première $a_2=1$, c'est-à-dire $pq+p=0$, est une *relation d'ordre*; elle est en effet réflexive, et la transitivité s'aperçoit immédiatement, car de $pq+p=0$ et $qr+q=0$ on déduit, en multipliant la seconde par p, $pqr+pq=0$, d'où, puisque $pq=p$, $pr+p=0$. Nous l'écrirons $p\leqq q$. La relation opposée, $q\leqq p$, est définie par $a_3=1$. Les autres relations premières, $a_1=1$, $a_4=1$, qui sont symétriques, deviennent des relations d'ordre, si l'on introduit les variables complémentaires, $\bar{p}=p+1$, $\bar{q}=q+1$; $a_1=1$ s'écrit $p\leqq\bar{q}$, ou encore $q\leqq\bar{p}$; $a_4=1$ donne $\bar{q}\leqq p$, ou encore $\bar{p}\leqq q$.

Celles des équations qui ne déterminent pas p comme constante peuvent se résoudre par rapport à q, et l'on trouve des expressions nécessairement linéaires en p, à cause de l'idempotence. Pour plus de symétrie, nous les écrirons comme

(1) Séance du 24 mars 1947.

(2) *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 1086-1087; **224**, 1947, pp. 432-434.

des fonctions linéaires et homogènes en p et $\bar{p}$: $q = ap + b\bar{p}$. Chacun des coefficients a, b est soit o, soit 1, soit un paramètre α, β variant dans le corps B indépendamment de p; d'où $3^2 = 9$ expressions différentes, que nous rapprochons des équations correspondantes :

$q = \beta\bar{p}$,	$(a_1 = 1)$;	$q = p + \beta\bar{p}$,	$(a_2 = 1)$;
$q = \alpha p$,	$(a_3 = 1)$;	$q = \alpha p + \bar{p}$,	$(a_4 = 1)$;
$q = 0$,	$(a_1 a_3 = 1)$;	$q = \bar{p}$,	$(a_1 a_4 = 1)$;
$q = p$,	$(a_2 a_3 = 1)$;	$q = 1$,	$(a_2 a_4 = 1)$.

Enfin, $q = \alpha p + \beta\bar{p}$ signifierait que q est indépendant de p.

2. La théorie précédente permet d'exprimer algébriquement les diverses relations entre propositions. Soient $p(x)$ et $q(x)$ deux fonctions propositionnelles; faisons-leur correspondre deux fonctions prenant leurs valeurs dans le corps B, fonctions que nous désignerons aussi par $p(x)$ et $q(x)$, $p(x_0)$ valant 1 quand la proposition $p(x_0)$ est vraie, o quand elle est fausse. Nous aurons, entre équations et *relations universelles*, les équivalences suivantes (la barre supérieure désignant la négation) :

$pq = 0$..............	$(x)[\overline{p(x)} \vee \overline{q(x)}]$	p et q mutuellement exclusives
$pq + p = 0$..........	$(x)[p(x) \supset q(x)]$	implications générales
$pq + q = 0$..........	$(x)[q(x) \supset p(x)]$	
$pq + p + q + 1 = 0$...	$(x)[p(x) \vee q(x)]$	p et q collectivement exhaustives
$p + q = 1$...........	$(x)[p(x).\overline{q(x)} \vee \overline{p(x)}.q(x)]$	p et q contradictoires
$p + q = 0$...........	$(x)[p(x) \equiv q(x)]$	p et q équivalentes

L'implication générale $(x)[p(x) \supset q(x)]$ se traduit donc par $pq + p = 0$, c'est-à-dire par la relation d'ordre $p \leqq q$; la transitivité de l'implication se présente ainsi comme un aspect de la transitivité de $p \leqq q$. Dans les équations ci-dessus, le signe $=$ doit se comprendre comme exprimant une identité relativement à x.

Les inéquations, négations d'identités, sont équivalentes à des *relations d'existence :*

$pq \not\equiv 0$...........	$(\exists x)[p(x).q(x)]$	$pq + p + q + 1 \not\equiv 0$.	$(\exists x)[\overline{p(x)}.\overline{q(x)}]$
$pq + p \not\equiv 0$.......	$(\exists x)[p(x).\overline{q(x)}]$	$pq + q \not\equiv 0$.......	$(\exists x)[\overline{p(x)}.q(x)]$
$p + q \not\equiv 1$........	$(\exists x)[p(x) \equiv q(x)]$	$p + q \not\equiv 0$........	$(\exists x)[p(x) \equiv \overline{q(x)}]$

Nous définissons aussi des relations qui, contrairement aux précédentes, sont deux à deux exclusives; ce sont, avec leurs symboles respectifs et leurs diverses traductions algébriques :

pDq, p et q sont équivalentes....................	$a_2 a_3 = 1$	$q = p$
pAq, p implique q sans lui être équivalente.......	$a_2 = 1$, $a_3 \not\equiv 1$	$q = p + \beta\bar{p}$
pCq, q implique p sans lui être équivalente	$a_3 = 1$, $a_2 \not\equiv 1$	$q = \alpha p$
pNq, p et q sont contradictoires..................	$a_1 a_4 = 1$	$q = \bar{p}$
pEq, p et q sont exclusives mais non exhaustives...	$a_1 = 1$, $a_4 \not\equiv 1$	$q = \beta\bar{p}$
pGq, p et q sont exhaustives mais non exclusives...	$a_4 = 1$, $a_1 \not\equiv 1$	$q = \alpha p + \bar{p}$
pUq, aucune des relations précédentes n'a lieu.....		$q = \alpha p + \beta\bar{p}$

Ce système n'est exhaustif que si l'on exclut *a priori* les relations qui supprimeraient la variabilité logique de l'une au moins des propositions. Au cas où l'on s'imposerait de ne pas faire état de l'exhaustivité du couple (p, q), il faudrait omettre pNq et pGq, et n'assujettir $\bar{p}$ qu'à la seule condition $p\bar{p} = 0$ (en négligeant $p + \bar{p} = 1$); il faudrait aussi confondre $\beta\bar{p}$ avec $\bar{p}$; les seules équations à utiliser s'obtiendraient en annulant les polynomes de l'idéal $\mathcal{J}_4$ de l'anneau à 16 éléments.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains systèmes d'équations aux dérivées partielles.* Note ([1]) de M. **Stig Comét.**

D'après M. Turnbull ([2]), désignons par Ω la matrice opérateur (∂_{kj}), où $\partial_{jk} = \partial/\partial x_{jk}$, toutes les variables x_{jk} étant indépendantes entre elles $(j, k = 1, \ldots, p)$. Soit Δ le déterminant opérateur $\Delta = |\Omega|$, et soit enfin Δ_{jk} le déterminant opérateur formé comme le complément algébrique de l'élément ∂_{jk} de la matrice Ω. Ainsi on a $\sum_j \partial_{jk}\Delta_{jl} = \delta_{kl}\Delta$. En posant $\Omega' = (\Delta_{jk})$, nous en concluons $\Omega\Omega' = \Delta E$, et de même $\Omega'\Omega = \Delta E$, E étant la matrice unité. Ainsi le système

$$\Omega y = 0, \tag{1}$$

où y est une matrice à une colonne formée de $y_1, \ldots, y_p$, fonctions des x_{jk}, conduit immédiatement aux équations $\Delta y_k = 0$ $(k = 1, \ldots, p)$. Non trivial est le théorème suivant :

A tout système de fonctions y satisfaisant à (1), *il est possible d'associer une fonction scalaire φ, satisfaisant à l'équation*

$$\Delta\varphi = 0, \tag{2}$$

telle que

$$y_j = \Delta_{j1}\varphi \quad (j = 1, \ldots, p). \tag{3}$$

En posant

$$\Omega'\varphi = Y, \tag{4}$$

nous obtenons une matrice carrée Y, associée à y [sa première colonne étant y, d'après (3)], et satisfaisant aux systèmes $\Omega Y = 0$ et $Y\overleftarrow{\Omega} = 0$. En général, pour toute matrice carrée Z satisfaisant à $\Omega Z = 0$, il existe une matrice *diagonale* Φ satisfaisant à $\Delta\Phi = 0$, telle que $Z = \Omega'\Phi$.

Les *fonctions* sont toujours supposées développables en des séries de puissances non négatives.

Lemme, employé pour les démonstrations :

Si les fonctions $f_1, \ldots, f_p$ satisfont à l'équation $\Sigma\Delta_{k1} f_k = 0$, il sera possible de

([1]) Séance du 3 mars 1947.

([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 623.

trouver $(p-1)$ *fonctions* $\varphi_2, \ldots, \varphi_p$ *telles que* $f_k = \sum_j \partial_{kj}\varphi_j$ $(k=1, \ldots, p)$.

A vrai dire, je n'ai démontré ce lemme que pour $p \leqq 4$; cependant, la validité générale de la démonstration est évidente.

Le lemme permet encore d'exprimer la solution générale de l'équation (2) sous la forme suivante

$$\varphi = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{(j_2+\ldots+j_p=m)} \omega_2^{j_2}\omega_3^{j_3}\ldots\omega_p^{j_p}\varphi_m,$$

où $\omega_k = \sum_r x_{r1}\,\partial_{rk}$ (opérateurs commutatifs), et où les φ_m sont des fonctions qui ne dépendent pas de $x_{11}, x_{21}, \ldots, x_{p1}$ mais qui sont à d'autres égards arbitraires.

En particulier, les fonctions de M. Fueter (³) seront obtenues par (4), où $\varphi = \Sigma(x_{11}\partial_{12} + x_{21}\partial_{22})^m\varphi_m$, les φ_m étant des fonctions arbitraires de x_{12} et x_{22} seulement. Finalement il faut transformer les variables x_{jk} (et y_{jk}) en variables réelles par $x_{11} = \bar{x}_{22} = x_1 + ix_3$, $x_{12} = -\bar{x}_{21} = x_2 + ix_4$.

Indiquons enfin qu'il est possible de donner à l'intégrale $\int_{(S)} \sum_{q,r} \Delta_{qr} u\, d_{qr}\sigma$ une signification déterminée (³), $d_{qr}\sigma$ désignant le produit de tous les dx_{jk}, sauf dx_{qr}. L'intégrale s'annule, si $\Delta u = 0$. Ainsi, pour les fonctions y_{qr}, éléments de la matrice Y définie par (4), on a la relation $\int_{(S)} \sum_{q,r} y_{qr}\, d_{qr}\sigma = 0$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation de l'indicatrice de Phragmen-Lindelöf*. Note (¹) de MM. **Jacques Deny** et **Pierre Lelong**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

L'indicatrice de Phragmen-Lindelöf n'exprime pas une propriété particulière aux fonctions de la forme $\log|f(z)|$, où $f(z)$ est holomorphe dans un angle ou dans une bande; elle s'étend aux fonctions sousharmoniques de deux variables, ainsi que l'ont montré G. Hardy et W. Rogosinski (²). Elle s'étend également, avec des difficultés nouvelles de démonstration, aux fonctions sousharmoniques dans un cône ou cylindre de l'espace R^p à p dimensions.

Dans les énoncés suivants Γ est un cylindre de R^p, produit topologique de l'intervalle $0 < x_p < \infty$ par un domaine D de R^{p-1}; M désigne un point de Γ, m sa projection sur D, et $u(M)$ *est une fonction sousharmonique dans* Γ.

(³) Cf. Poincaré, *Acta mathematica*, 9, 1886-1887, pp. 321-380.

(¹) Séance du 24 mars 1947.

(²) *Proc. of the Royal Soc.*, série A, 185, 1946, pp. 1-14.

Théorème 1. — *Si $u(M)$ est bornée supérieurement dans Γ, $\varphi(m) = \overline{\lim}_{x_p \to +\infty} u(M)$ est quasi-sousharmonique* ([3]) (*convexe si $p=2$*), *ou identique à $-\infty$ dans* D.

La démonstration utilise un théorème de M. Brelot ([3]) et H. Cartan ([4]) et le lemme suivant : Pour que $u(M)$, *indépendante de x_p*, soit quasi-sousharmonique dans Γ, il faut et il suffit que $u(m)$ soit quasi-sousharmonique dans D.

Appelons constante fondamentale d'un domaine D la plus petite valeur propre $\lambda_0 = \lambda_0(D)$ relative à D et à l'équation $\Delta f + \lambda^2 f = 0$.

Théorème 2. — *Si $u(M)$ vérifie $\overline{\lim}_{M \to P} u(M) \leqq A$ en tout point-frontière P de Γ, et $u(M) < \varepsilon(x_p) e^{\lambda_0 x_p}$, $\varepsilon(x_p)$ tendant vers* 0 *avec* $1/x_p$, *on a* $u(M) \leqq A$ dans Γ.

Théorème 3. — *Généralisation de l'indicatrice de Phragmen-Lindelöf.* — *On suppose : $u(M) \leqq A e^{\rho x_p}$ ($\rho \geqq 0$). Posons $\varphi(m) = \overline{\lim}_{x_p \to +\infty} u(M) e^{-\rho x_p}$. Soit d un domaine régulier complètement intérieur à* D, *avec $\lambda_0(d) > \rho$. Soit $f(m)$ la solution du problème de Dirichlet relatif à l'équation $\Delta f + \rho^2 f = 0$ et au domaine d avec pour donnée-frontière la régularisée supérieure $\overset{*}{\varphi}$* de φ. Alors on a

$$\overset{*}{\varphi}(m) \leqq f(m) \quad \text{pour} \quad m \in d.$$

La fonction $f(m)$ est définie comme la limite commune des solutions du problème de Dirichlet pour toutes les suites de données-frontières continues, tendant en décroissant vers $\overset{*}{\varphi}$; le théorème 3 exprime donc que $\overset{*}{\varphi}(m)$ joue le rôle d'une fonction convexe par rapport aux solutions de l'équation $\Delta f + \rho^2 f = 0$; on peut traduire ce fait en disant que la fonction $f(m) e^{+\rho x_p}$, harmonique dans le cylindre correspondant à d, est la *meilleure majorante harmonique à l'infini* de $u(M)$, dans un sens convenablement précisé.

L'ensemble des points en lesquels φ est inférieure à sa régularisée $\overset{*}{\varphi}$ est de capacité extérieure nulle si $\rho = 0$; si $\rho > 0$ on peut au moins affirmer qu'il est de mesure nulle. Il est vide si $p = 2$ (φ est alors continu).

Le théorème 3 se démontre à l'aide du théorème 2 et du théorème d'uniformité suivant ([6]) :

Théorème 4. — *Si u vérifie, dans Γ $u(M) \leqq A e^{\rho x_p}$ ($\rho \geqq 0$) et si $f(m)$ est une fonction continue dans* D *et majorant $\varphi(m) = \overline{\lim}_{x_p \to +\infty} u(M) e^{-\rho x_p}$, on a, pour tout compact* K *de* D,

$$u(M) < [f(m) + \varepsilon] e^{\rho x_p} \quad \text{pour} \quad x > X(\varepsilon, K) \quad \text{et} \quad m \in K.$$

([3]) On appelle ainsi une fonction dont la régularisée supérieure est sousharmonique et qui diffère de celle-ci seulement sur un ensemble de capacité extérieure nulle.

([4]) *Comptes rendus*, **207**, 1938, pp. 836-838.

([5]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, pp. 944 et 994; *Bull. Soc. Math. de France*, **73**, 1945, pp. 74-106.

([6]) Ce théorème précise et étend un résultat déjà obtenu; Cf. P. Lelong, *Ann. École Norm. Sup.*, **58**, 1941, pp. 83-177, théorème 9.

L'établissement de ce théorème nous a conduit à l'étude d'une classe de fonctions généralisant les fonctions sous-médianes (7).

DÉFINITION. — *Une fonction $v(M)$ sommable dans un domaine Δ de R^p est dite de la classe $\mathcal{C}_\alpha$ dans Δ si elle est, en tout point M de Δ, au plus égale à sa moyenne sur toute boule de centre M et de rayon r, augmentée de $\alpha(r)$,* $\alpha(r)$ étant une fonction non décroissante, définie pour $r > 0$, et tendant vers zéro avec r.

Une grande partie des propriétés des fonctions sous-médianes s'étendent aux fonctions de la classe $\mathcal{C}_\alpha$; bornons-nous à signaler les deux suivantes :

L'ensemble des points où une fonction de la classe $\mathcal{C}_\alpha$ est inférieure à sa régularisée supérieure est de mesure nulle.

La borne supérieure d'une famille quelconque de fonctions de la classe $\mathcal{C}_\alpha$, bornées supérieurement dans Δ, est de classe $\mathcal{C}_\alpha$ dans Δ.

Fonctions sousharmoniques dans un cône. — Les résultats précédents s'étendent, avec de légères modifications; par exemple :

THÉORÈME 3 *bis*. — *Soit $u(M)$ sousharmonique et vérifiant $u \leq Ar^\rho$, $(r = OM)$, dans le cône Γ de sommet O, dont la base est un domaine D de la sphère-unité S^p; on pose $\varphi(m) = \overline{\lim_{r \to \infty}}\, u(M)/r^\rho$. Soit d un domaine sphérique régulier intérieur à D et dont la constante fondamentale $\lambda_0 = \lambda_0(d)$ relative à l'équation* (8) $\delta f + \lambda^2 f = 0$ *vérifie $\lambda_0^2 > \rho(\rho + p - 2)$. Alors si $f(m)$ est la solution du problème de Dirichlet sur S^p relatif à l'équation $\delta f + \rho(\rho + p - 2) f = 0$ et au domaine d avec pour donnée-frontière la régularisée $\overset{*}{\varphi}$ de φ, on a*

$$\varphi(m) \leq f(m) \quad \text{pour} \quad m \in d.$$

Notons que la méthode utilisée permet également d'obtenir des renseignements sur l'étude des fonctions sousharmoniques au voisinage d'un point.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *L'écoulement d'un fluide visqueux avec gradients de température et gradients de vitesse élevés.* Note (1) de M. **GABRIEL VIGUIER**, présentée par M. Joseph Pérès.

Lorsqu'il existe dans l'écoulement d'importants gradients de température, il n'est pas permis d'admettre l'hypothèse classique de la viscosité constante. Il faut considérer comme paramètres variables supplémentaires les coefficients de viscosités ν, A, B, C, D et E que nous avons définis dans une précédente Note (2).

(7) C'est-à-dire les fonctions sommables dont la régularisée supérieure est sousharmonique. Cf. M. BRELOT, *Ann. Univ. Grenoble*, 21, 1945, pp. 76-90.

(8) δ est l'opérateur de Beltrami sur la sphère.

(1) Séance du 24 mars 1947.

(2) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 713.

Nous allons supposer que, le mouvement étant permanent, le fluide est incompressible et nous envisagerons le cas particulier de l'écoulement entre deux plaques planes et celui de l'écoulement entre deux cylindres coaxiaux dont l'un est fixe et l'autre animé d'un mouvement de rotation uniforme.

Le fluide s'écoule laminairement entre les plaques considérées parallèles à l'axe des x_1.

Les termes complémentaires du troisième degré qui interviennent dans les composantes de Stokes s'écrivent

$$N_i^{(3)} = 0, \qquad T_3^{(3)} = \frac{D}{8} u'^3_{12}, \qquad T_1^{(3)} = 0, \qquad T_2^{(3)} = 0.$$

Il en résulte, en l'absence de forces massiques, les équations du mouvement

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x_1} = \frac{\partial}{\partial x_2}\left(\nu u'_{12} + \frac{D}{8} u'^3_{12}\right), \qquad \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x_2} = \frac{\partial}{\partial x_1}\left(\frac{D}{8}\nu u'^3_{12}\right).$$

Cette dernière égalité nous montre que la pression n'est plus constante le long d'une perpendiculaire à l'axe des x_1 (3).

Introduisant deux fonctions g et G de la composante x_2, nous pouvons donner aux coefficients de viscosité D et ν la forme

$$D = x_1 g(x_2), \qquad \nu = \frac{x_2 - x_{2m}}{2\rho}\frac{\partial p}{\partial x_1} G(x_2) - x_1 \frac{g(x_2)}{G^3(x_2)},$$

avec

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x_2} = \frac{u'^3_{12}}{8} g(x_2), \qquad \frac{u'_{12}}{2} = \frac{1}{G(x_2)}$$

et

$$x_{2m}\int_{(x_2)_{-1}}^{(x_2)_{+1}} \frac{dx_2}{\mu + x_1\dfrac{\partial p}{\partial x_2}} = \int_{(x_2)_{-1}}^{(x_2)_{+1}} \frac{x_2\, dx_2}{\mu + x_1\dfrac{\partial p}{\partial x_2}}.$$

Nous allons considérer maintenant le cas des cylindres coaxiaux et nous prendrons comme axes, la tangente et la normale au cercle mobile. L'équation du mouvement s'écrit

$$\Delta u_1 + \frac{(u'_{12} + u'_{21})^3}{8\mu}\frac{\partial D}{\partial x_2} + \frac{D}{8\mu}(u'_{12} + u'_{21})^2 (3u''_{122} + u''_{212}) = 0,$$

R_1 étant le rayon du cercle mobile, et ayant posé $u_1 = V$, nous ferons le double changement de fonction et de variables

$$\Psi = \frac{\partial V}{\partial \rho} - \frac{V}{\rho}, \qquad R_1 - x_2 = \rho,$$

et nous admettrons que, par exemple, les coefficients de viscosité D et μ varient

(3) BRUN et VASSEUR, *Écoulement d'un fluide visqueux* (*Bulletin G. R. A.*, oct. 1945).

linéairement avec ρ

$$D = 8K_1\rho, \qquad \nu = -3K_2\rho;$$

K_1 et K_2 sont des constantes positives de même signe.

L'équation différentielle précédente est alors intégrable et l'on a, en posant $K_1 = K_2\alpha^2$, la solution

$$\psi^2\left(1 - \frac{\alpha^2}{2}\psi^2\right) = \frac{C_1^2}{\rho^4},$$

dont l'étude graphique est très simple.

Nous plaçant dans le cas limite où la fonction $\psi(\rho)$ possède une racine double, nous obtenons la valeur

$$\psi = \sqrt{2}\,\frac{C_1}{\rho^2} \qquad \text{c'est-à-dire} \qquad V \simeq C_2\rho - 0,707\,\frac{C_1}{\rho}.$$

Nous pouvons remarquer que, si nous avions admis l'hypothèse de la viscosité constante, nous aurions obtenu la valeur

$$V = C_2\rho - 0,75\,\frac{C_1}{\rho},$$

alors que la mécanique classique nous donne

$$V = C_2\rho - 0,5\,\frac{C_1}{\rho}.$$

DYNAMIQUE DES GAZ. — *Sur le problème de l'onde de choc détachée.* Note [1] de M. **Paul Germain**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Considérons un mouvement plan stationnaire supersonique avec onde de choc détachée (Γ), le mouvement étant supposé uniforme à l'amont de (Γ); M désignera le nombre de Mach amont. Nous supposons (Γ) connue, par hypothèse elle admet Ox comme axe de symétrie, O étant le sommet de (Γ); un point de (Γ) est repéré par l'angle α que fait avec Ox, la tangente à (Γ) orientée suivant les $y > 0$. On cherche l'écoulement en aval de (Γ), un point P de l'écoulement aval sera repéré par les variables (α, s), α est le paramètre sur (Γ) du point P_0 où la ligne de courant passant par P coupe (Γ), s la longueur de l'arc P_0P. Nous désignerons par q la longueur du vecteur vitesse, τ l'angle qu'il fait avec Ox, ρ la masse spécifique, $C(\alpha)$ la courbure de (Γ) au point α; a_* la vitesse critique, γ le coefficient adiabatique, p^0 la pression génératrice en aval de (Γ), ρ^0 la masse spécifique correspondante; p^0 et ρ^0 sont des fonctions connues de α et de M et

$$\rho = \rho^0\left(1 - \frac{\gamma - 1}{\gamma - 1}\,\frac{q^2}{a_*^2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}.$$

---

[1] Séance du 24 mars 1947.

Les équations du mouvement peuvent alors s'écrire

$$\text{(I)}\quad \begin{cases} H\dfrac{\partial \operatorname{Log}\rho q}{\partial s} = \dfrac{\partial \tau}{\partial \alpha} - K\dfrac{\partial \tau}{\partial s}, \\ H\dfrac{\partial \tau}{\partial s} = \left(\dfrac{\gamma+1}{2\gamma}\dfrac{a_*^2}{q^2} - \dfrac{\gamma-1}{2\gamma}\right)\dfrac{d\operatorname{Log}p^0}{d\alpha} - \dfrac{\partial \operatorname{Log} q}{\partial \alpha} + K\dfrac{\partial \operatorname{Log} q}{\partial s} \end{cases}$$

avec

$$\text{(II)}\quad \begin{cases} H = A\sin\tau - B\cos\tau, & K = B\sin\tau - A\cos\tau, \\ A = \dfrac{\cos\alpha}{C(\alpha)} - \displaystyle\int_0^s \sin\tau\dfrac{\partial \tau}{\partial \alpha}ds, & B = \dfrac{\sin\alpha}{C(\alpha)} + \displaystyle\int_0^s \cos\tau\dfrac{\partial \tau}{\partial \alpha}ds. \end{cases}$$

On peut mettre les équations (I) et (III) sous la forme d'un système de 4 équations du premier ordre à 4 inconnues H, K, τ, q, linéaire par rapport aux dérivés.

$$\text{(III)}\quad \begin{cases} \dfrac{\partial K}{\partial s} + H\dfrac{\partial \tau}{\partial s} = 0, & \dfrac{\partial H}{\partial s} + \dfrac{\partial \tau}{\partial \alpha} - K\dfrac{\partial \tau}{\partial s} = 0; \\ H\rho q = C(\alpha)f(\alpha), & \dfrac{\partial q}{\partial \alpha} - \dfrac{\partial K q}{\partial s} = \left(\dfrac{\gamma+1}{\gamma 2}\dfrac{a_*^2}{q} - \dfrac{\gamma-1}{\gamma 2}q\right)g(\alpha). \end{cases}$$

$f(\alpha)$ et $g(\alpha)$ sont des fonctions de α parfaitement déterminées dès que M est connu, elles ne dépendent pas de (Γ); la relation tout intégrée exprime l'équation de continuité. Le système (III) permet le calcul de proche en proche de l'écoulement à partir de (Γ), car sur (Γ) on connaît H, K, q, τ; on a donc à résoudre un problème de Cauchy qui, en général, aura une solution tout au moins au voisinage de (Γ).

2. Attachons-nous à la détermination de la fonction $q(s)$ sur l'axe de symétrie et plus particulièrement au calcul des dérivées $a_n = \partial^n \log\rho q/\partial s^n$ au point $O(\alpha = \pi/2, s = 0)$. Le professeur Betz a indiqué dernièrement les formules

$$a_0 = C_0 f_0(M), \qquad a_1 = C_0^2 f_1(M);$$

$f_0(M)$ et $f_1(M)$ étant des fonctions du nombre de Mach, $C_0 = C(\pi/2)$ en ajoutant « qu'il n'a pu déterminer si pour les dérivées d'ordre supérieur d'autres relations du même genre sont valables, ni comment elles apparaissent ». La considération du système (III) permet de répondre facilement à ces questions.

En effet, supposons connues toutes les dérivées de H, K, q, τ, jusqu'à l'ordre n en O, et calculons les dérivées $(n+1)$ de ces quantités. Dérivons n fois les équations (III), on obtient, en faisant $\alpha = \pi/2$, $s = 0$,

$$\text{(IV)}\quad \begin{cases} \dfrac{\partial^{n+1} H}{\partial s^{p+1}\partial \alpha^{r-1}} = -\dfrac{\partial^{n+1}\tau}{\partial s^p \partial \alpha^r} + \ldots, & \dfrac{\partial^{n+1}\rho q}{\partial s^{p+1}\partial \alpha^{r-1}} = -C_0 f\left(\dfrac{\pi}{2}\right)\dfrac{\partial^{n+1} H}{\partial s^{p+1}\partial \alpha^{r-1}} + \ldots, \\ \dfrac{\partial^{n+1} q}{\partial s^{p+1}\partial \alpha^{r-1}} - q\dfrac{\partial^{n+1} K}{\partial s^{p+2}\partial \alpha^{r-2}} = +\ldots, & C_0\dfrac{\partial^{n+1} K}{\partial s^{p+2}\partial \alpha^{r-2}} = -\dfrac{\partial^{n+1}\tau}{\partial s^{p+2}\partial \alpha^{r-2}} + \ldots, \end{cases}$$

les ... indiquent les termes dépendant des dérivées d'ordre n au plus, termes

supposés connus. Seules les valeurs impaires de r sont à retenir. On peut calculer toutes les dérivées $(n+1)^{\text{ièmes}}$ contenant au moins une dérivation par rapport à s à partir de $\partial^{n+1}\zeta/\partial\alpha^{n+1}$ si n est pair, $\partial^{n-1}q/\partial\alpha^{n-1}$ si n est impair. On obtient en particulier les nombres a_n qui dépendent de M et de l'allure de (Γ) au voisinage de O, on peut même préciser : désignons par $C_0^{(2n)}$ la valeur de la dérivée $2n^{\text{ième}}$ au point O de $C(\alpha)$:

Les quantités a_{2n-1} et a_{2n} sont des polynomes homogènes des variables, C_0, $C_0^{(2)}$, ..., $C_0^{(2n-2)}$, *respectivement d'ordre* $2n-1$ *et* $2n$, *les coefficients de ces polynomes étant des fonctions du nombre de Mach indépendantes de* (Γ).

Si $n>1$, ces polynomes sont linéaires par rapport à $C_0^{(2n-2)}$.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les concepts fondamentaux de la théorie physique. Préliminaires*. Note [1] de M. **Georges-Albert Boutry**.

On se propose d'examiner quelques-uns des concepts fondamentaux sur lesquels s'édifient, par des postulats ou des hypothèses convenables, les théories physiques. Pour rester indépendant, dans une certaine mesure, d'une théorie physique particulière, on adoptera le langage de l'analyse dimensionnelle : les résultats obtenus devraient convenir à toute théorie qui respecte la structure dimensionnelle des grandeurs étudiées. On rappellera d'abord une remarque fondamentale et très ancienne, qui sera présentée sous une forme un peu inhabituelle.

1° Soit un système dont toutes les parties sont en équilibre : le temps n'y joue aucun rôle. On a appris à reconnaître et à caractériser, dans un tel système des *graves* [2], m, m' (ou des charges q, q', ...), situés en divers lieux, des forces agissant sur eux et dérivant de champs qu'on suppose exister dans l'espace. Un champ newtonien obéit à une loi de la forme

$$G=\frac{m}{\nu r^2},\qquad E=\frac{q}{\varepsilon r^2},$$

où ν, ε, ... sont des constantes qu'on associe d'ordinaire au milieu ou à l'espace, dont ils formeraient des propriétés intrinsèques. L'équation de dimensions d'un tel champ est donc

$$[G]=[m][L]^{-2}[\nu]^{-1},\qquad [E]=[q][L]^{-2}[\varepsilon]^{-1},\ \ldots. \tag{1}$$

Entre deux graves ou deux charges, agissent des forces. Quelles qu'en soient les origines, on accepte de leur attribuer une nature et des effets identiques. Comme

$$F=\frac{mm'}{\nu r^2},\qquad F=\frac{qq'}{\varepsilon r^2},\qquad \ldots,$$

$$[F]=[m]^2[L]^{-2}[\nu]^{-1},\qquad [F]=[q]^2[L]^{-2}[\varepsilon]^{-1},\qquad \ldots, \tag{2}$$

---

[1] Séance du 31 mars 1947.

[2] On substitue ici le terme *grave* à celui de masse pour des raisons qui paraîtront un peu plus loin.

il en résulte que

(3) $$[m]^2[\nu]^{-1}=[q]^2[\varepsilon]^{-1}=\ldots;$$

c'est une relation de symétrie entre les divers ordres de phénomènes.

Sans qu'il soit encore nécessaire de faire jouer un rôle au concept de temps, on peut envisager une définition de l'énergie, sous la forme potentielle ou de travail produit, à une époque et pendant une durée non spécifiée, par les forces en présence. Les dimensions en sont

(4) $$[W]=[\mathfrak{E}]=[m]^2[L]^{-1}[\nu]^{-1}=[q]^2[L]^{-1}[\varepsilon]^{-1}=\ldots.$$

2° Dans un système où l'équilibre n'est pas partout réalisé, l'énergie existe sous forme cinétique. La grandeur temps joue désormais un rôle. Indépendamment des notions de grave ou de charge, les notions de vitesses et d'accélération se définissent par

(5) $$[v]=[L][T]^{-1}\qquad[\gamma]=[L][T]^{-2}.$$

Tout déplacement d'un grave ou d'une charge, à vitesse finie, met en jeu une énergie cinétique définie dimensionnellement comme produit du carré d'une vitesse par une *masse inerte* (c'est à ce coefficient qu'on réserve ici le nom de masse)

(6) $$[W]=[M][L]^2[T]^{-2}.$$

Si l'on postule l'équivalence, c'est-à-dire des dimensions égales pour toutes les formes de l'énergie, on se trouve donc amené à poser

(7) $$[M][L]^2[T]^{-2}=[m]^2[L]^{-1}[\nu]^{-1}=[q]^2[L]^{-1}[\varepsilon]^{-1}=\ldots,$$

c'est-à-dire

(8) $$[m]=[M]^{\frac{1}{2}}[L]^{\frac{3}{2}}[T]^{-1}[\nu]^{\frac{1}{2}};\qquad[q]=[M]^{\frac{1}{2}}[L]^{\frac{3}{2}}[T]^{-1}[\varepsilon]^{\frac{1}{2}};\qquad\ldots.$$

3° C'est à ce moment qu'on introduit dans la théorie physique le postulat de Newton-Einstein; il consiste à poser qu'en grandeur et en dimension

(9) $$m=kM,\qquad[m]=[M].$$

Dans la première des équations (8), cette transformation va donner

(10) $$[M]=[L]^3[T]^{-2}[\nu],$$

ce qui entraîne deux conséquences :

a. La grandeur ν ne saurait être supprimée du système dimensionnel sans entraîner la proposition inacceptable

$$[M]=[L]^3[T]^{-2};$$

en d'autres termes, tout concept matériel ou énergétique peut être, dans un tel système, considéré comme dérivant des concepts fondamentaux d'espace et de temps (L, T, ν, ε, ...).

b. La symétrie, jusqu'ici présente entre les divers ordres de phénomènes, est désormais détruite dans l'exposé de la théorie physique. Exprimées dans le système M, L, T par exemple, les dimensions de q sont désormais différentes de celles de m.

Une théorie physique partant du concept spatio-temporel et admettant le postulat de Newton-Einstein doit donc, en dernière analyse, être une géométrie. Pour réaliser une synthèse complète et cohérente de la gravitation et de l'électromagnétisme, cette géométrie doit surmonter l'obstacle grave d'une symétrie statique présente dans les faits et repoussée par elle.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la probabilité des mouvements électroniques de conduction*. Note ([1]) de M. C. **Budeanu**.

Soit un tube de force d'un champ électrique $\vec{E}$ à l'intérieur d'un conducteur, le tube étant d'une construction uniforme de section s et de conductibilité c. La charge d'un électron est notée par e.

Proposons-nous d'identifier la probabilité p pour un électron de s'engager et de se déplacer à l'intérieur du tube. Toutes choses égales d'ailleurs, cette probabilité est proportionnelle à s, au nombre N d'électrons libres par unité de volume participant à la conduction et à la vitesse moyenne v des électrons dans la direction de E. Or, étant donnée l'identité $Ne\vec{v} = \vec{j}$ où $\vec{j} = c\vec{E}$ est le vecteur-densité du courant électronique moyen, nous pouvons écrire

$$p = \mathrm{K}sc\mathrm{E}, \tag{1}$$

où K est une constante de proportionnalité. L'expression $sc\mathrm{E}$ est le flux de la densité électronique moyenne ou le courant I traversant le tube. Dans ces conditions

$$p = \mathrm{KI} \tag{2}$$

pour un même temps t.

Si le tube est constitué de plusieurs éléments en série de constitution différente, le flux $sc\mathrm{E}$, grâce à sa propriété de conservation, garde la même valeur dans tous ses éléments. Lorsqu'on envisage deux éléments de tubes juxtaposés, la probabilité p pour cet ensemble est la somme des deux probabilités élémentaires p' et p''

$$p = p' + p'' = \mathrm{K}(s'c'\mathrm{E}' + s''c''\mathrm{E}'') = \mathrm{K}(\mathrm{I}' + \mathrm{I}'') = \mathrm{KI}, \tag{3}$$

étant donnée la même propriété de conservation. La relation (2) est toujours valable. La conclusion peut être généralisée à un réseau quelconque.

Nous appliquons ces résultats au cas concret de deux conducteurs, de

([1]) Séance du 17 mars 1947.

résistances R_1 et R_2 en parallèle. Ici l'électron ne pouvant se partager doit suivre entièrement une des deux routes. Les probabilités pour l'électron de s'engager et de se déplacer à travers ces conducteurs sont

$$(4) \qquad p_1 = \frac{p_1}{p_1+p_2} = \frac{s_1 c_1 E_1}{s_1 c_1 E_1 + s_2 c_2 E_2} = \frac{\frac{V}{R_1}}{\frac{V}{R_1}+\frac{V}{R_2}} = \frac{R_2}{R_1+R_2} \quad \text{et} \quad p_2 = \frac{R_1}{R_1+R_2},$$

où V est la tension commune moyenne des deux conducteurs. Si le conducteur 2 est un isolant ($R_2 = \infty$), la probabilité p_1 se transforme en certitude.

Les valeurs I, I_1, I_2 dans ce phénomène représentent les courants électroniques moyens ou ce que nous appelons en macrophysique *courants électriques*. En tenant compte de l'état discontinu électronique (effet Schrott), les courants électroniques dans un intervalle de temps limité τ nous conduisent aux déplacements des charges électriques

$$(5) \qquad q_1 = n_{\tau 1} e = Q_1 + \delta_1 \quad \text{et} \quad q_2 = n_{\tau 2} e = Q_2 + \delta_2,$$

où $Q_1 = I_1 \tau$, $Q_2 = I_2 \tau$, $n_{\tau 1}$ et $n_{\tau 2}$ sont les nombres d'électrons déplacés. Les écarts δ_1 et δ_2 sont dus dans ce cas à deux causes différentes, à savoir

$$(6) \qquad \delta_1 = \delta'_1 + \delta''_1 \quad \text{et} \quad \delta_2 = \delta'_2 + \delta''_2,$$

δ'_1 et δ'_2 sont les écarts dus à la nature discontinue et non uniforme du déplacement électronique dans le temps τ. D'après les lois statistiques, ces écarts tendent rapidement vers zéro pour un temps τ assez grand. Les écarts δ''_1 et δ''_2 sont dus à la répartition réelle entre les deux conducteurs en tenant compte de sa structure granulaire électronique. Nous avons $\delta''_1 = -\delta''_2 = \delta$ et les équations (5) deviennent pour un temps τ grand :

$$(7) \qquad q_1 = Q_1 + \delta \quad \text{et} \quad q_2 = Q_2 - \delta,$$

et par conséquent

$$(8) \qquad \frac{q_1}{q_1+q_2} = \frac{Q_1}{Q_1+Q_2} + \frac{\delta}{Q} = \frac{R_2}{R_1+R_2} + \frac{\delta}{Q} \quad \text{et} \quad \frac{q_2}{q_1+q_2} = \frac{R_1}{R_1+R_2} - \frac{\delta}{Q},$$

où $Q = Q_1 + Q_2$.

Ceci nous permet d'arriver aux conclusions suivantes :

a. Les déplacements électroniques, surtout aux nœuds d'un réseau, ne peuvent plus s'expliquer rigoureusement par les lois classiques d'un milieu continu.

b. Un électron de conduction est associé à une probabilité, de s'engager et de se déplacer dans un tube de force électrique, proportionnelle à

$$sNev = seE = I.$$

On pouvait prévoir ce résultat, étant donné que le courant électrique I représente un courant électronique moyen.

c. Un électron arrivé au point de dérivation entre deux résistances R_1 et R_2 en parallèle a les probabilités $p_1 = R_2/(R_1 + R_2)$ et $p_2 = R_1/(R_1 + R_2)$ de suivre les routes R_1 ou R_2.

La conclusion pourrait être généralisée à un nœud quelconque.

d. Les proportions de répartition des charges électriques réelles $q_1/(q_1 + q_2)$ et $q_2/(q_1 + q_2)$ tendent vers $R_2/(R_1 + R_2)$ et $R_1/(R_1 + R_2)$, en concordance avec la loi de Kirchhoff, et par conséquent vers les probabilités p_1 et p_2 lorsque Q croît indéfiniment et pour un temps τ assez grand. C'est une vérification, dans ce cas, des conclusions qui se dégagent des lois statistiques et spécialement du théorème de Bernoulli.

e. Les écarts δ_1, δ_2 et δ introduisent des imprécisions largement couvertes par les erreurs de mesure suivant une importante remarque faite déjà par M. Louis de Broglie en se référant aux incertitudes de Heisenberg.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le mécanisme de la tripartition de l'uranium.* Note (1) de M. **Tsien San-Tsiang**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dernièrement, par la méthode photographique, en commun avec mes collaborateurs, j'ai mis en évidence de nouveaux modes de fission de l'uranium sous l'action des neutrons lents, fission en trois ou quatre fragments chargés (2), (3). Les résultats expérimentaux suivants permettent de discuter le mécanisme du phénomène le plus fréquent, fission en trois fragments.

A. La distribution des masses montre que deux fragments lourds, m_1 et m_2, ont des valeurs moyennes de 131 et 99, tandis que m_3 varie entre 2 et 32, avec un groupe plus important vers $m = 5$ ou 6 (4), (5), (6).

B. L'émission de m_3 est *de préférence dans la direction perpendiculaire à celle de* m_1 *et* m_2. La statistique (4) montre généralement $\alpha_1 > \alpha_2$ et que $\Delta\alpha = \alpha_1 - \alpha_2$ a une valeur moyenne d'environ 20° (*fig.* 1). Ceci indique que m_1 emporte la plus grande quantité de l'impulsion.

Pour une raison ou une autre, certains auteurs pensent que le troisième fragment m_3, en particulier le groupe le plus important $m_3 = 5$ ou 6, pourrait être une particule α et que la fission en trois fragments pourrait être expliquée par la réaction en deux étapes avec l'émission d'une particule α : c'est-à-dire qu'une particule α serait émise soit avant la fission, soit après la fission. Si elle était émise avant la division du noyau, sa direction serait de préférence dans celle de l'axe de la goutte déformée

---

(1) Séance du 31 mars 1947.

(2) Tsien, Chastel, Ho et Vigneron, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 986.

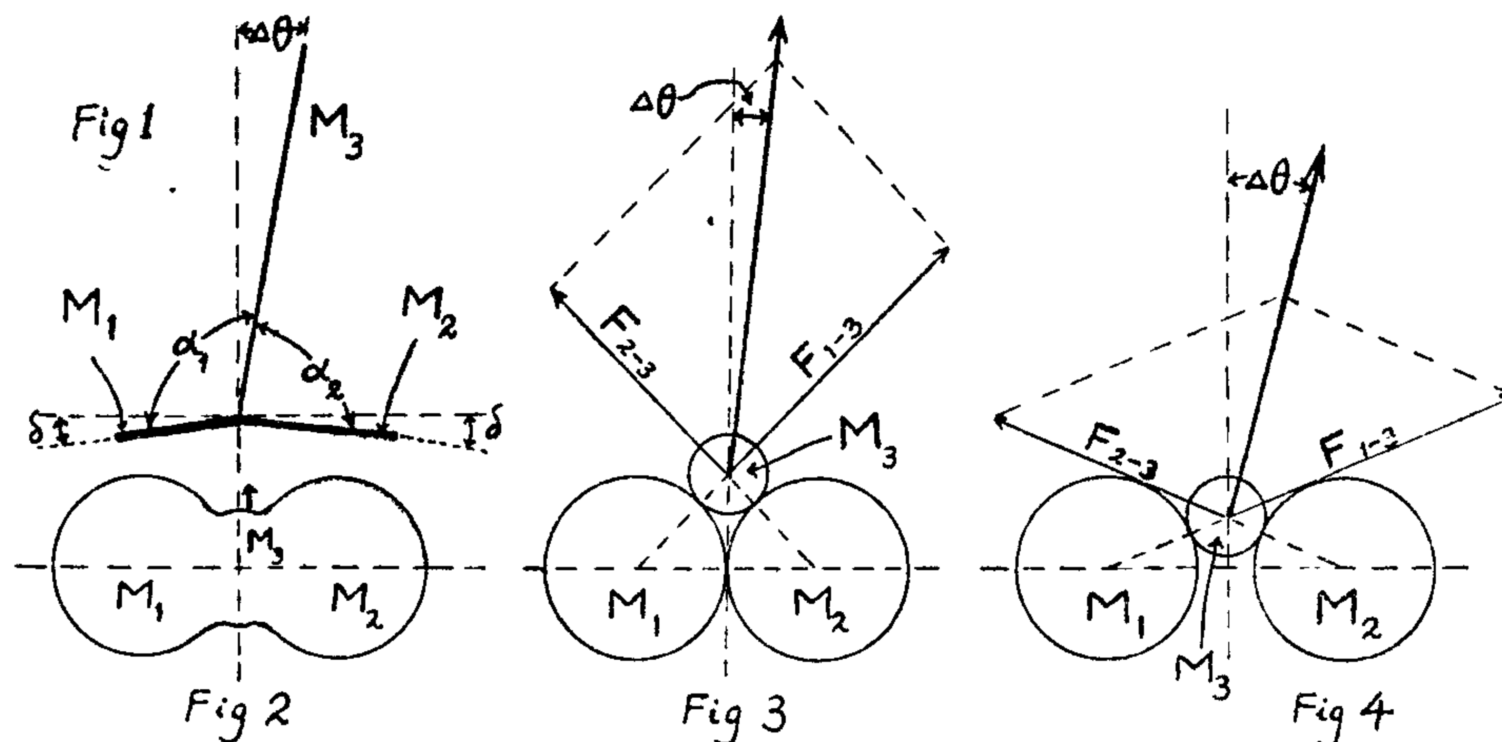
(3) Ho, Tsien, Vigneron et Chastel, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1119.

(4) Tsien, Ho, Chastel et Vigneron, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 272.

(5) Tsien, Ho, Chastel et Vigneron, *Phys. Rev.*, 1947, (March.).

(6) Tsien, Ho, Vigneron et Chastel, *Nature*, 1947 (sous presse).

(modèle de la goutte liquide de Bohr), car la barrière du potentiel est la moins élevée dans cette direction. Si elle était émise, après la fission, par un des fragments lourds, la direction aurait une distribution de hasard [7]. Sans parler d'autres arguments défavorables, le fait que m_3 est émise de



Les figures 3 et 4 représentent, d'une façon très schématique, les trois fragments juste avant leur séparation. Les rayons de m_1 et m_2, r_1 et r_2 sont peu différents et sensiblement égaux à 7.10^{-13} cm et celui de m_3, r_3, est environ 2-3.10^{-13} cm. La figure 3 correspond au cas des trois noyaux en contact, et la figure 4, au cas où m_1 et m_2 sont séparés par une distance de 4.10^{-13} cm voisine du diamètre de m_3.

préférence dans la direction perpendiculaire à m_1 et m_2 semble indiquer que l'interprétation par la réaction en deux étapes n'est pas satisfaisante.

D'après le modèle de la goutte liquide du noyau, Present [8] a prévu que si l'amplitude de déformation de 4^e^ harmonique est grande, la goutte a la possibilité de former trois gouttelettes co-linéaires dont les grandeurs dépendent des amplitudes et des phases de 2^e^ et 4^e^ harmoniques (*tripartition* ou *ternary fission*). Notre observation semble correspondre au cas où la gouttelette centrale est relativement petite par rapport aux deux autres. Examinons la direction d'émission de m_3 d'après cette image. Supposons que, par un effet de vibration violente ou un effet de dissymétrie, m_3 se déplace légèrement vers le haut (*fig.* 2) jusqu'au point où les trois noyaux sont en contact, formant des noyaux indépendants (*fig.* 3 et 4). A partir de ce moment, les trois noyaux vont être projetés violemment, la direction de m_3 va suivre celle du résultant des forces répulsives F_{1-3} et F_{2-3} qui sont proportionnelles aux charges Z de m_1 et m_2. Comme en première approximation, nous pouvons prendre $Zm_1 = 50$ et $Zm_2 = 40$, nous sommes ainsi conduits à $\Delta\theta = 7°$ (*fig.* 3) ou $\Delta\theta = 15°$ (*fig.* 4). *La valeur moyenne expérimentale de* $\Delta\theta = \frac{1}{2}\Delta\alpha = 10°$ *s'encadre parfaitement dans ces limites* (*fig.* 1).

---

[7] WHEELER, communication privée.

[8] *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 466.

Il résulte de ces discussions que l'interprétation de nos résultats par le mécanisme de la tripartition est plus satisfaisante que celle de la réaction en deux étapes avec l'émission d'une particule α. D'autant plus que m_3 peut avoir des valeurs très éloignées de celle des particules $\alpha (m_3 = 32)$ (⁵). D'après le mécanisme de tripartition, il est naturel d'avoir un spectre de masses pour m_3 (comme pour m_1 et m_2) avec une fréquence plus grande dans la région des masses légères. ^3_1H ou ^6_2He seraient aussi probables, si non plus que ^4_2He, par suite de leur excès en neutrons. Une analyse des fragments de fission dans la région des poids atomiques légers par le spectrographe de masse en utilisant une source de neutrons très intense (par exemple, la pile d'uranium), pourrait donner plus d'informations sur la distribution des masses du troisième fragment.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination du coefficient de partage de l'eau entre les acides nitrique et sulfurique dans les mélanges ternaires.* Note [1] de M. **Jean Chédin**, Mme **Suzanne Fénéant** et M. **René Leclerc**, présentée par M. Jean Cabannes.

La courbe 1 (*fig.* 1) est l'enregistrement de la bande correspondant aux vibrations des hydroxyles (bande —OH) dans le spectre Raman d'un mélange sulfonitrique A du domaine III (Note précédente) [2]; composition centésimale NO_3H, 82,5; SO_4H_2, 6,5; H_2O, 11. Son aspect est analogue à celui de la bande —OH de l'acide nitrique à 90 %, sans SO_4H_2 (voir *fig.* 1, Note précé-

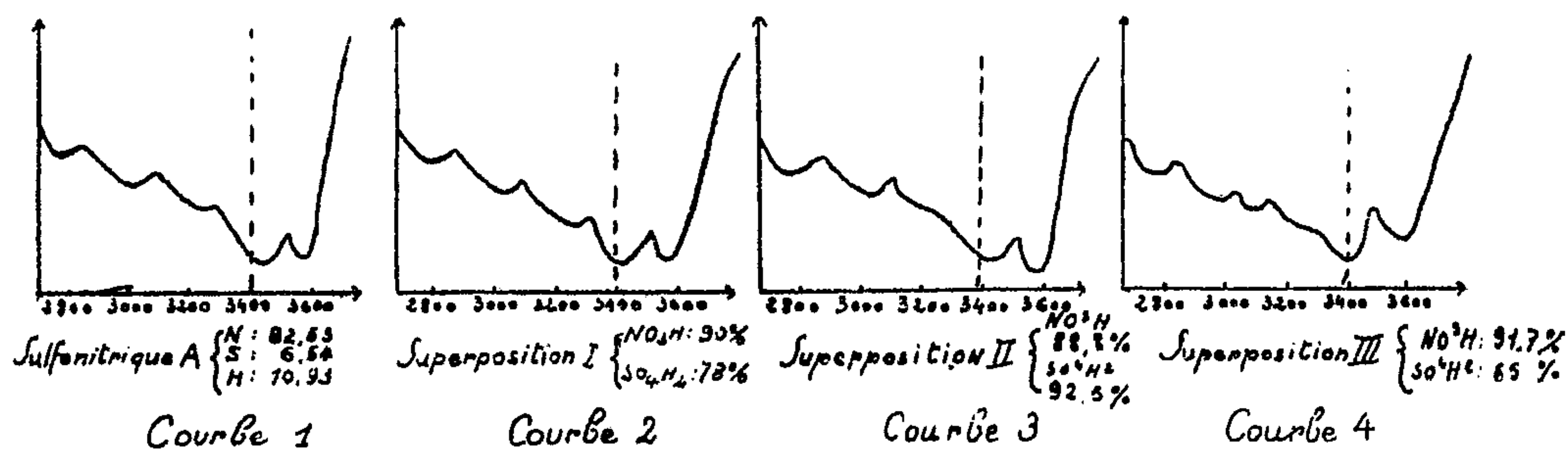


Fig. 1.

dente). Dans ce mélange, l'acide nitrique doit donc avoir une concentration réelle voisine de 90 %. Un calcul immédiat montre que dans ces conditions, l'acide sulfurique hydraté qui serait en équilibre avec cet acide nitrique hydraté, serait à 78 %. La courbe 2 est l'enregistrement de la bande —OH obtenue en superposant (superposition I) les spectres de NO_3H à 90 % et SO_4H_2 à 78 % avec des temps de pose respectifs proportionnels au poids de

(1) Séance du 17 mars 1947.

(2) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 930.

chacun de ces acides hydratés dans le mélange A, et avec un temps de pose total égal à celui du mélange A. D'ailleurs, pour ce mélange qui contient peu de SO_4H_2, la bande —OH de cet acide, très faible, ne déforme que peu celle de l'acide nitrique hydraté qu'il contient; il n'en est pas de même pour des mélanges plus riches en SO_4H_2. Pour apprécier la précision de la méthode, on a établi *par superposition* dans les conditions déjà décrites :

Courbe 3 : bande —OH, obtenue par superposition en supposant que le mélange A contient son NO_3H à 88,8 %. Le calcul indique que son SO_4H_2 serait alors à 92,5 %.

Courbe 4 : NO_3H est supposé à 91,7 % ; SO_4H_2 serait à 65 %.

Si l'on compare les courbes 1, 2, 3, 4, on voit que la courbe *synthétique* 2 est à peu près identique à la courbe 1, du mélange réel. La raie 3550 cm^{-1} est trop forte sur la courbe 3, trop faible sur la courbe 4, par rapport à ce qu'elle est dans le mélange réel (courbe 1), où, toutes choses égales, elle arrive sur la

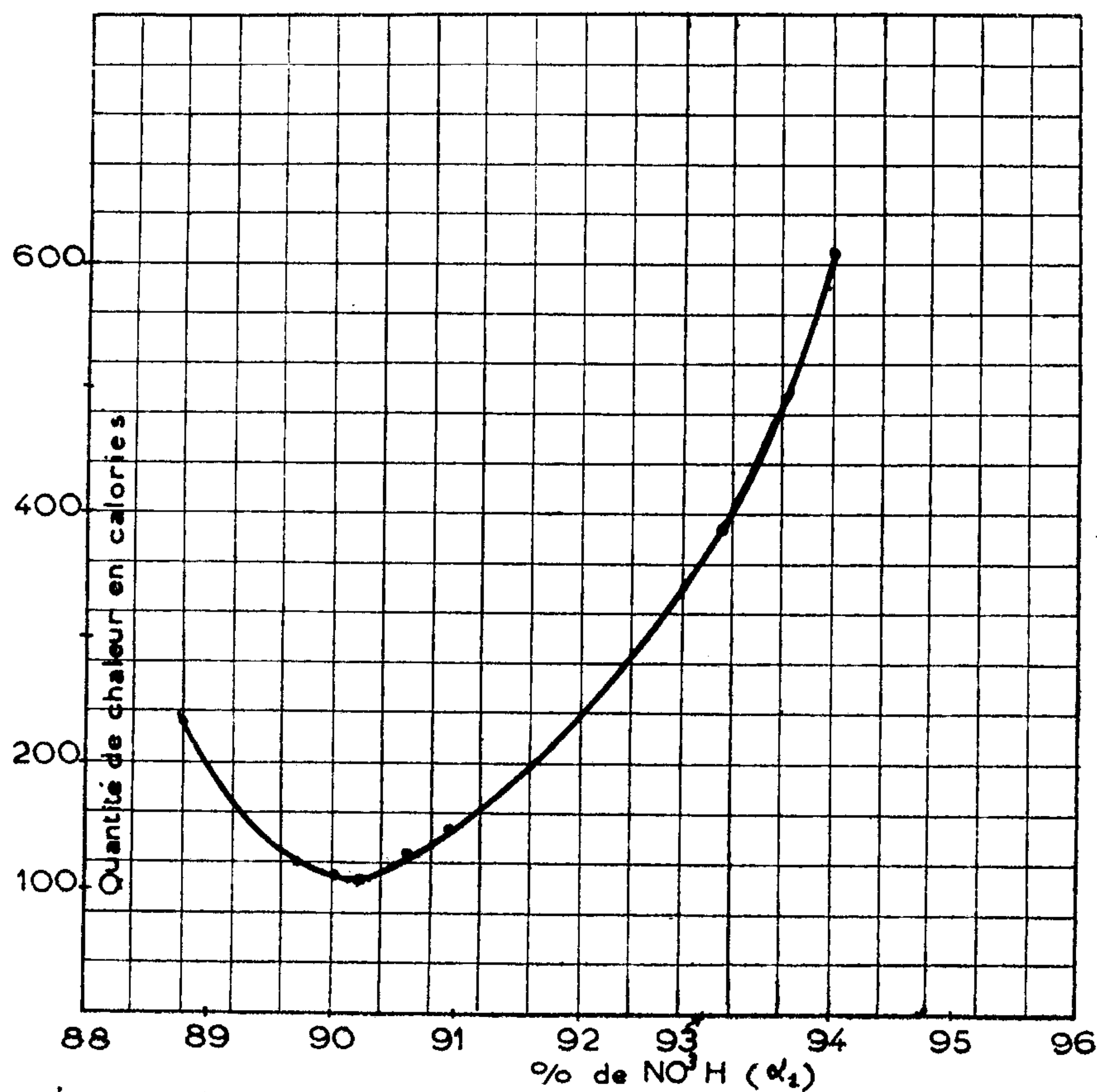


Fig. 2.

même horizontale que la bande 3400 cm^{-1}. C'est bien là le sens de la variation que l'on pouvait attendre d'après la Note précédente, et l'on voit qu'il est

possible de préciser (tout au moins pour le mélange A choisi) la concentration *réelle* de son acide nitrique à ± 1 % près.

Nous avons transposé la méthode dans le domaine calorimétrique. Si le mélange A est bien constitué par p grammes NO_3H à 90 % $+(100-p)$ g SO_4H_2 à 78 %, le dégagement de chaleur produit par le mélange des poids p et p' de ces deux acides ainsi hydratés doit être nul ou très faible. La méthode consiste à mesurer la chaleur dégagée par formation dans le vase calorimétrique de 100^g de mélange A à partir de p_1 g NO_3H supposé à α_1 % et $(100-p_1)$ g SO_4H_2 à β_1 %; p_1 et β_1 sont immédiatement calculables en fonction de α_1. On fait varier α_1 autour de la valeur jugée probable (ici 90 % déterminé spectralement). A chaque valeur de α_1 correspond une expérience calorimétrique, et un dégagement de chaleur Q_1. Dans le cas du mélange A, la figure 2 représente les phénomènes calorifiques. On constate qu'elle présente un minimum très net pour $\alpha = 90$. La calorimétrie comme l'étude spectrographique s'accordent donc de façon très remarquable et permettent de conclure qu'à ± 1 % près, le coefficient de partage de l'eau dans ce mélange est tel, que l'acide nitrique contenu est à une concentration réelle de 90 %. On ne peut pas dire que les 91,7 g NO_3H à 90 % et les 8,3 g SO_4H_2 à 78 % qui le constituent se mélangent de façon absolument idéale, sans aucune interaction. Il y a, en effet, un effet calorifique non nul (108^{cal}) qui mesure ainsi le degré d'imperfection de l'hypothèse. Étant donné les très grandes quantités de chaleurs mises en jeu dans les réactions d'hydratation de SO_4H_2 ou NO_3H, cet effet calorifique (rapporté à 100 g) est très faible et l'hypothèse satisfaisante.

Il est donc possible de déterminer la concentration réelle de NO_3H dans les mélanges du domaine III. Nous continuons cette étude à la fois par les méthodes spectrales et calorimétriques.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Remarques sur la grandeur moléculaire de l'acide molybdique en solution aqueuse.* Note (1) de M. **Georges Carpéni**, transmise par M. Louis Hackspill.

Le problème du poids moléculaire de l'acide molybdique en solution aqueuse a été maintes fois posé pour aboutir, après plusieurs discussions parfois vives, à une solution qui paraissait définitive : la molécule renfermerait quatre atomes Mo et répondrait à la formule $Mo_4O_{13}H_2$. Disons tout de suite que tel n'est pas notre avis, des preuves sérieuses militant, au contraire, en faveur de l'acide dimolybdique $Mo_2O_7H_2$.

Dans la présente Note, nous nous limitons exclusivement au cas de l'*acide pur*, sans entrer dans des considérations mettant en jeu également les différents sels obtenus par neutralisation dans des conditions diverses (présence ou absence de sels neutres, taux de neutralisation variable).

(1) Séance du 31 mars 1947.

Parmi les méthodes utilisées pour résoudre le problème, la cryoscopie se détache nettement, les déterminations de poids moléculaire par dialyse ou par diffusion étant, par ailleurs, sujettes à caution. D'utiles indications ont été, en outre, obtenues aussi par électrométrie, par conductimétrie, enfin par spectrographie dans l'ultraviolet.

Ne pouvant entrer ici dans des détails (2), notons brièvement les données expérimentales sur lesquelles nous entendons nous appuyer pour la suite de l'exposé.

L'acide molybdique, sous la forme parfaitement définie d'oxyde dihydraté jaune $MoO_3.2H_2O$, est peu soluble, aussi ses solutions *pures* sont-elles relativement diluées, de l'ordre de 0,01 M (mol/g). Bien qu'on connaisse des solutions d'acide molybdique plus concentrées et même très concentrées (l'acide de Graham-Murgier en particulier), nous ne pouvons les faire entrer dans le cadre de la présente Note, vu qu'elles sont de nature nettement colloïdale et, par ailleurs, insuffisamment connues. En absence de tout corps étranger, l'acide molybdique fournit des solutions parfaitement incolores, limpides et de nature électrolytique pure. Le pH révèle par sa valeur, tout comme la conductibilité, la présence d'un acide très probablement bibasique, à première fonction *moyennement forte*, à deuxième fonction faible ou négligeable, sans qu'il soit possible de préciser le degré de condensation. Les courbes de titrage électro- et conductimétriques, de leur côté, accusent la présence d'un acide condensé à nombre *pair* d'atomes Mo, tandis que les spectres d'absorption ultraviolets indiquent nettement qu'il s'agit d'un acide condensé. Mais l'essentiel du problème se ramène en définitive à l'étude cryoscopique. Nous analyserons donc plus en détail les résultats des recherches entreprises plus particulièrement par G. Darmois, Doucet et Mlle Murgier (3). A l'aide d'un appareil très étudié et de grande sensibilité, Doucet mesure les abaissements cryoscopiques θ pour les concentrations [Mo], en atomes g/l, comprises entre 0,0022 et 0,2090 M. Comme la courbe $\theta/[Mo] = f(\sqrt{[Mo]})$ est une droite pour $[Mo] \leqq 0{,}022$ environ, une extrapolation commode fournit l'abaissement moléculaire limite $(\theta/[Mo])_0 = 1{,}39$.

Si l'acide présent, de formule générale $(Mo_x O_z)H_y$ (4), était fort (entièrement dissocié), il donnerait $1 + y$ ions, d'où

$$\left(\frac{\theta}{[Mo]}\right)_0 = K(1+y) = 1{,}858(1+y) = 1{,}39,$$

$K = 1{,}858$ étant la constante cryoscopique de l'eau. Il en résulte $(1+y)/x = 1{,}39/1{,}858 \neq 0{,}75$.

---

(2) Un Mémoire plus complet paraîtra prochainement au *Bulletin de la Société Chimique de France*.

(3) (3a) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 750; (3b) DOUCET, *Thèse*, Paris, 1942; (3c) DOUCET, *J. Phys. Radium*, **4**, 1943, pp. 41-55.

(4) Les atomes H écrits à l'extérieur de la parenthèse signifient qu'ils sont dissociables.

En dehors de quelques arguments par analogie, d'un poids assez faible, la seule raison sérieuse invoquée à l'appui de l'existence, généralement admise, d'une molécule tétramolybdique $Mo_4O_{13}H_2$, réside dans la dernière égalité $1+y=0,75\,x$ *en admettant* $y=2$, ce qui entraîne $x=4$. Mais cette assertion est injustifiée, car elle postule précisément un acide *bibasique fort*, entièrement dissocié ($y=2$), ce qui est manifestement inexact : les données électro- et conductimétriques précédentes le prouvent, tout comme les mesures de coefficients d'activité des auteurs mêmes de l'étude cryoscopique [cf. ([3a]) et ([3c])]. L'acide présent étant en fait *monobasique moyennement fort* ([5]), sa dissociation est incomplète; la valeur la plus probable de y est, dans ces conditions $y \leqq 1$. Comme, de plus, le nombre d'atomes Mo doit être *pair* (voir précédemment), il s'ensuit que $x=2$. D'après la relation cryoscopique $1+y=0,75x$, il résulte strictement $y=0,5$, ce qui signifie qu'il s'agit d'un *acide* $[Mo_2O_7H]H$ *dissocié à* 50 %.

Cette conclusion, valable pour les concentrations habituelles

$$0,002 \lesssim [MoO_3] \lesssim 0,02\ M,$$

s'oppose formellement à celle admise jusqu'à présent; elle nous semble cependant infiniment plus acceptable.

Quant aux solutions nettement plus concentrées d'acide molybdique colloïdal, bien qu'il ne puisse être question de parler d'un poids moléculaire précis, nous croyons qu'elles renferment effectivement des molécules plus condensées ([6]), avec des indices x peut-être variables, des auteurs différents lui attribuant les valeurs 4, 6, 12 ou même 24.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de l'halogénation de divers cyclènes par le N-bromosuccinimide*. Note ([1]) de MM. **Max Mousseron, François Winternitz** et **Robert Jacquier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Méthyl-1 cyclohexène. — En appliquant la méthode de Ziegler et collaborateurs ([2]) on obtient presque exclusivement le méthyl-1 bromo-6 cyclohexène-1 ([3]); par hydrolyse oxydante ([4]), on isole en effet la méthyl-1 cyclohexène-1 one-6 (sem.-carb. F 210-211°) à côté de faibles quantités de méthyl-1 cyclohexène-1 one-3 (sem.-carb. F 200°). L'action du malonate

([5]) La deuxième fonction est faible et négligeable.

([6]) Spectre Raman à grand nombre de raies [cf. M^lles^ Murgier et Théodoresco, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 530. Cf. (1)].

([1]) Séance du 31 mars 1947.

([2]) *Ann. der. Chem.*, 551, 1942, p. 80.

([3]) Guillemonat, *Annales de Chimie*, 11e série, 11, 1939, p. 143.

([4]) Courtot et Pierron, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 45, 1929, p. 289.

d'éthyle sodé sur le bromo-cyclène précédent donne l'acide (méthyl-2 cyclohexène-2)yl malonique F 155-156° [5].

Chloro-1 cyclohexène. — On isole le chloro-1 bromo-3 cyclohexène-1 $É_3$ 75-78°; d_{25}^{25} 1,545; n_D^{25} 1,5501, identifié par action de l'acétate d'argent et saponification en un alcool $É_{15}$ 90°; d_{25}^{25} 1,182; n_D^{25} 1,5062, qui donne par oxydation sulfochromique la chloro-1 cyclohexène-1 one-3, $É_{15}$ 87-88°; d_{25}^{25} 1,181; n_D^{25} 1,5008; sem.-carb F 220-221°. La chloro-1 cyclohexène-1 one-6 F 70° sem.-carb. F 195-198°, entrevue par Koetz et Richter [6], a en effet été synthétisée d'une façon identique à partir du dichloro-1.2 cyclohexène-2 [7].

Il semble donc que la cétone chlorée de semi-carbazone F 190° obtenue par Crossley et Haas [8] soit en réalité la chloro-1 cyclohexène-1 one-5.

Par addition d'acide hypochloreux sur le méthyl-3 chloro-1 cyclohexène-1 $É_{25}$ 60-62°; d_{25}^{25} 1,037; n_D^{25} 1,4781, isolé par action du bromure de méthylmagnésium sur le chloro-1 bromo-3 cyclohexène-1, on obtient un mélange de méthyl-3 chloro-2 cyclohexanone et de méthyldichlorocyclohexène [7]; le produit brut, traité par le méthylate de sodium [9], nous a conduits à un mélange des deux acides méthyl-2 cyclopentanecarboxyliques stéréoisomères : amides F 123-124° et F 147° avec prédominance de ce dernier.

Méthyl-1 cyclopentène. — Le bromo-cyclène, instable, n'a pu être isolé.

Chloro-1 cyclopentène. — On obtient le chloro-1 bromo-3 cyclopentène-1, $É_3$ 60°; d_{25}^{25} 1,586; n_D^{25} 1,5585, identifié par hydrolyse oxydante en chloro-1 cyclopentène-1 one-3 sem.-carb. F 235-237° déc. La chloro-1 cyclopentène-1 one-5 a en effet été préparée soit comme son homologue supérieur, à partir du dichloro-1.2 cyclopentène-2; soit par addition du chlorure d'acétyle [10] sur le chloro-époxy-1.2 cyclopentane [11], ce qui donne un acétate $É_{18}$ 84-5: d_{25}^{25} 1,158; n_D^{25} 1,4848 saponifié en un alcool $É_{18}$ 70°; d_{25}^{25} 1,181; n_D^{25} 1,4893, finalement oxydé par le mélange sulfochromique en chloro-1 cyclopentène-1 one-5 cherchée sem.-carb. F 220-221°.

Éthyl-1 cyclohexène. — Il donne l'éthyl-1 bromo-6 cyclohexène-1 $É_{20}$ 88-90°; d_{25}^{25} 1,250; n_D^{25} 1,5180, conduisant par hydrolyse oxydante à l'éthyl-1 cyclohexène-1 one-6 (sem.-carb. F 175°).

Méthène-cyclohexane. — Il ne se laisse bromer qu'après un chauffage prolongé et conduit, à côté d'une forte proportion de produits polybromés, au bromo-2 méthène-cyclohexane $É_{20}$ 80°; d_{25}^{25}; 1,407 n_D^{25}; 1,5283. Par saponi-

---

(5) MOUSSERON, GRANGER et WINTERNITZ, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 246.
(6) *J. prakt. Chem.*, **111**, 1925, p. 373.
(7) MOUSSERON, WINTERNITZ et JACQUIER, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 36.
(8) *J. chem. Soc.*, **83**, 1903, p. 494
(9) FAWORSKY et BOSHOWSKY, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **36**, 1924, p. 1733.
(10) BRUNEL, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 562.
(11) MOUSSERON, WINTERNITZ et JACQUIER, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1014.

fication de l'acétate obtenu par action de l'acétate d'argent, on isole en effet le méthène-2 cyclohexanol (phényluréthane F 61°).

Méthyl-1 cyclohexène-2 [12]. — Le méthyl-1 bromo-4 cyclohexène-2, $É_{18}$ 74°; d_{25}^{25} 1,292; n_D^{25} 1,5173, a été caractérisé par hydrolyse oxydante en méthyl-1 cyclohexène-2 one-4 (sem.-carb. F 191-192°).

Par action du bromure de méthylmagnésium, il a donné le diméthyl-1.4 cyclohexène-2 $É_{760}$ 125-6°; d_{25}^{25} 0,804; n_D^{25} 1,4433.

Méthyl-1 cyclohexène-3 racémique et actif. — L'halogénation conduit uniquement au méthyl-1 bromo-5 cyclohexène-3, $É_{25}$ 80°; d_{25}^{25} 1,315; n_D^{25} 1,5232, donnant par hydrolyse oxydante la méthyl-1 cyclohexène-3 one-5 (sem.-carb. F 159-160°).

Le bromo-cyclène actif, $(\alpha)_{546}$ + 1°,4, traité par l'éthylate de sodium, conduit principalement au méthyl-1 éthoxy-5 cyclohexène-3, $É_{760}$ 155°; d_{25}^{25} 0,885; n_D^{25} 1,4495; $(\alpha)_{546}$ + 34°,0; ce dernier, traité par le sulfate acide de potassium, donne un méthyl-1 cyclohexadiène-2.4 fortement racémisé $(\alpha)_{546}$ + 50°,5 [13].

Diméthyl-1.3 cyclohexène-3 actif [14]. — Il conduit, d'après les résultats précédents, au diméthyl-1.3 bromo-2 cyclohexène-3, $É_{18}$ 90°; d_{25}^{25} 1,231; n_D^{25} 1,5018; $(\alpha)_D$ + 53°,5. Par action du bromure de méthylmagnésium, on obtient le triméthyl-1.2.3 cyclohexène-3, $É_{760}$ 140°; d_{25}^{25} 0,831; n_D^{25} 1,4572; $(\alpha)_{546}$ + 48°,8.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la cyclopentylation des hydrocarbures aromatiques.* Note [1] de MM. **Paul Cagniant**, **Antonin Deluzarche** et **Georges Chatelus**, présentée par M. Marcel Delépine.

Si la tertiobutylation et la cyclohexylation des hydrocarbures aromatiques ont été très étudiées, la cyclopentylation, par contre, l'a été beaucoup moins et l'on ne trouve que peu de renseignements sur cette réaction dans la bibliographie.

Dans le présent travail nous avons étudié la cyclopentylation des hydrocarbures suivants : benzène, toluène, *o*-, *m*- et *p*-xylène, mésitylène, diphényle, hydrindène, acénaphtène et également celle de l'anisole. Nous avons obtenu respectivement, à côté des produits di- et plus rarement trisubstitués correspondants, les hydrocarbures monocyclopentylés : phénylcyclopentane (I), obtenu rapidement et très pur par cette méthode; cyclopentyl-3 toluène (II), mélange de 3 et de 4 où prédomine le premier [2]; cyclopentyl-4 diméthyl-1.2

(12) Berlande, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 9, 1942, p. 642.

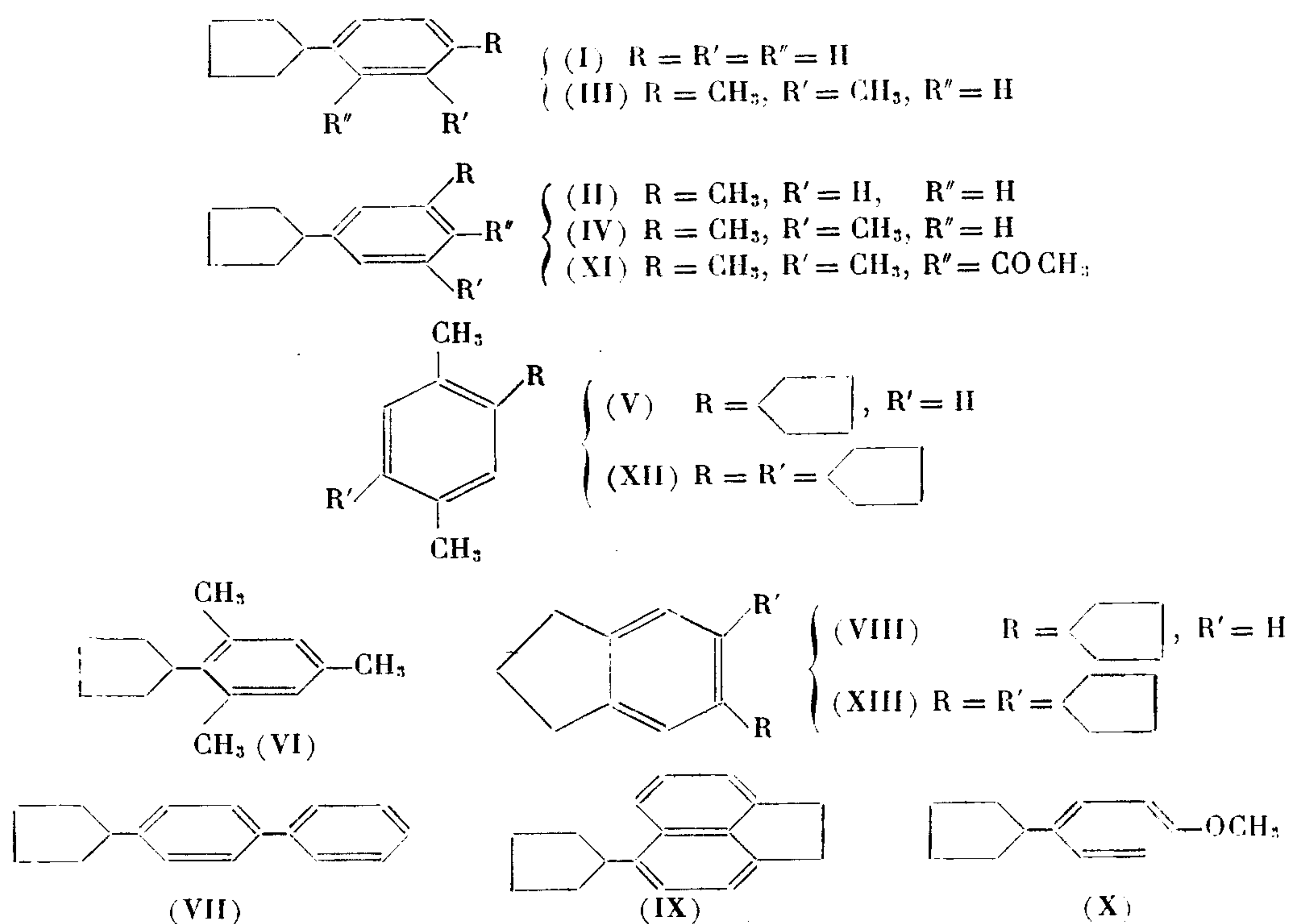
(13) Mousseron et Winternitz, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 68.

(14) Mousseron et Granger, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 13, 1946, p. 224.

(1) Séance du 31 mars 1947.

(2) R. Pajeau, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 12, 1945, p. 637.

benzène (III); cyclopentyl-4 dimenthyl-1.3 benzène (IV); cyclopentyl-2 diméthyl-1.4 benzène (V); cyclopentyl-4 triméthyl-1.3.5 benzène (VI); cyclopentyl-4 diphényle (VII); cyclopentyl-5 hydrindène (VIII), cyclopentyl-5 acénaphtène (IX) et le cyclopentyl-4 anisole (X) (mélange de 2 et de 4, où ce dernier prédomine).



Un essai de cyclopentylation du thiophène en milieu sulfocarbonique n'a pas donné de produits de condensation. La constitution de tous ces hydrocarbures monocyclopentylés a été établie par oxydation permanganique et la synthèse de la plupart effectuée suivant la méthode de Denissenko ([3]).

Partie expérimentale. — Mode opératoire général : *a.* Pour les hydrocarbures liquides : 70^{cm^3} de l'hydrocarbure considéré sont agités à 0° en présence de 2^g de Cl_3Al et l'on ajoute goutte à goutte 15^g de cyclopentène; il y a échauffement et la réaction est terminée en 10 minutes. La suite des opérations habituelles conduit aux substances désirées. *b.* Pour les solides, on effectue la même opération en milieu sulfocarbonique ([4]).

1° *Cyclopentylation du benzène.* — On obtient à côté du phénylcyclopentane (I) bien connu, un dicyclopentylbenzène liquide, $C_{16}H_{22}$, $É_{15}$ 178-180°, d_4^{20} 0,976, n_D^{20} 1,5420, et un mélange de dérivés trisubstitués, d'où par cristallisation on retire le tricyclopentyl-1.3.5 benzène pur, $C_{21}H_{30}$, F 62-63°, cristaux incolores (alcool). 2° *Cyclopentylation du*

([3]) *Ber. Deutsch. Chem. Ges.*, **69**, 1936, p. 1353.

([4]) Voir également Buu-Hoï et P. Cagniant, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 326.

toluène (II) : $C_{12}H_{16}$, $É_{14}$ 112°, d_4^{20} 0,937, n_D^{20} 1,5258, liquide d'odeur agréable; dérivé dicyclopentylé, $C_{17}H_{24}$, $É_{16}$ 178-179°, d_4^{20} 0,970, n_D^{20} 1,5385; on n'obtient pas de dérivé tricyclopentylé. 3° *Cyclopentylation de l'o-xylène* (III) : $C_{13}H_{18}$, $É_{16}$ 129°, d_4^{20} 0,936, n_D^{20} 1,5280; il ne se forme pas de dérivé dicyclopentylé. 4° *Cyclopentylation du m-xylène* (IV) : $C_{13}H_{18}$, $É_{14}$ 131°, d_4^{20} 0,933, n_D^{20} 1,5265, le même hydrocarbure est obtenu avec Cl_3Fe au lieu de Cl_3Al; dérivé dicyclopentylé $C_{18}H_{26}$, $É_{15}$ 185°, d_4^{20} 0,971, n_D^{20} 1,5415. Acétyl-2 cyclopentyl-5 diméthyl-1.3 benzène (XI) : $C_{15}H_{20}O$, $É_{14}$ 175°, d_4^{20} 1,017, n_D^{20} 1,5460 liquide peu odorant. Semicarbazone de (XI) : $C_{16}H_{23}ON_3$, F inst. 179°, cristaux incolores (alcool).

5° *Cyclopentylation du p-xylène* (V) : $C_{13}H_{18}$, $É_{12}$ 124°, d_4^{20} 0,937, n_D^{20} 1,5275; dicyclopentyl-2.5 diméthyl-1.4 benzène (XII), $C_{18}H_{26}$, F 79-80°, cristaux incolores (alcool), le dérivé dicyclohexylé correspondant fond à 156-157° ([5]); il ne se forme pas de dérivé tricyclopentylé. 6° *Cyclopentylation du mésitylène* (VI) : $C_{14}H_{20}$, $É_{15}$ 138-139°, d_D^{20} 0,943, n_D^{20} 1,5312, liquide peu odorant. 7° *Cyclopentylation du diphényle*. On obtient un mélange d'où l'on retire pur par cristallisation (VII) F 45°,5, longues aiguilles incolores (alcool); l'isomère liquide (d'odeur peu agréable), probablement le -2 a les constantes suivantes : $É_{14}$ 199-200°, d_4^{20} 1,034, n_D^{20} 1,6005; *p.p'*-dicyclopentyldiphényle, $C_{22}H_{26}$, F 145-146°, cristaux incolores (alcool); la structure de ce composé (obtenu à côté d'un isomère liquide) a été déterminée par synthèse de Wurtz-Fittig à partir du *p*-bromophénylcyclopentane ([6]). 8° *Cyclopentylation de l'hydrindène* (VIII) : $C_{14}H_{18}$, $É_{15}$ 151-152°, d_4^{20} 0,991, n_D^{20} 1,5486, liquide incolore; dérivé dicyclopentylé (XIII), probablement le -5.6, $C_{19}H_{26}$, $É_{15}$ 210-211°, d_4^{20} 1,009, n_D^{20} 1,5558, huile incolore. 9° *Cyclopentylation de l'acénaphtène* (IX) : $C_{17}H_{18}$, $É_{16}$ 210-212°, d_4^{20} 1,077, n_D^{20} 1,6225, huile faiblement colorée; le dérivé cyclohexylé correspondant fond à 84° ([4]). Dérivé dicyclopentylé $C_{22}H_{26}$, $É_{15}$ 276-278°, huile visqueuse. 10° *Cyclopentylation de l'anisole* (X) : $C_{12}H_{16}O$, $É_{16}$ 128-128°,5, d_4^{20} 1,013, n_D^{20} 1,5355, liquide d'odeur forte. Dérivé dicyclopentylé. $C_{17}H_{24}O$, $É_{16}$ 195°, huile peu odorante, d_4^{20} 1,018, n_D^{20} 1,5425.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode générale de préparation des oximes N-substituées.* Note de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Marcel Delépine.

En vue d'une étude spectrale et chimique de quelques dérivés N-alcoylés et N-acidylés des aldoximes et des cétoximes, j'ai été conduit à préparer des composés des formes (I) et (II) ([1])

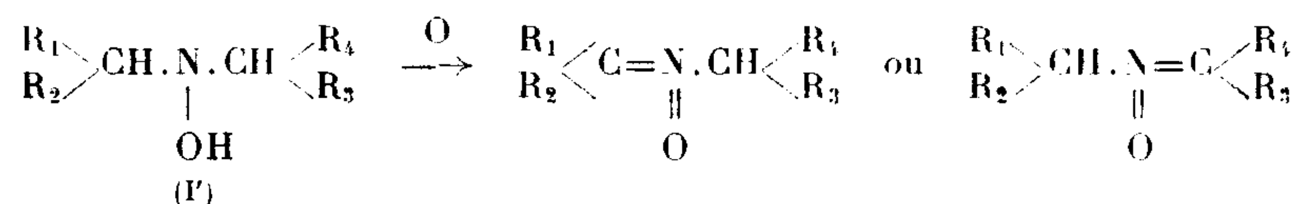
(où R_1, R_2, R_3 et R_4 = alcoyles, aryles et hydrogène).

([5]) Bodroux, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1005.

([6]) P. Cagniant et A. Deluzarche, *Sur la chimie du phénylcyclopentane*, à paraître au *Bull. Soc. Chim.*

([1]) Je dois signaler plus particulièrement les recherches de E. Beckmann et I. Scheiber, *Liebig's Ann.*, 355, 1907, p. 236. Dans ce mémoire se trouvent exposés les travaux concernant la préparation des cétoximes N-substituées.

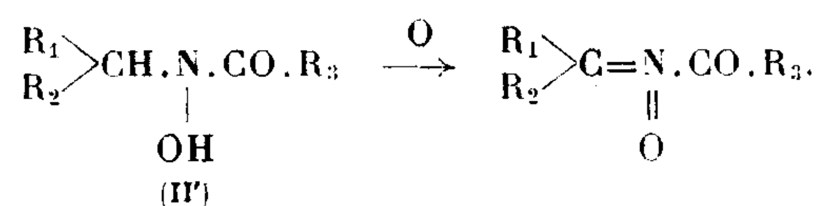
A. *Préparation des cétoximes N-alcoylées.* — En utilisant un procédé analogue à celui que j'ai déjà employé pour l'obtention des hydrazones ([2]) et des imines des formes $R_2.(R_1)C{=}N.N(R_3).R_4$ et $R_2.(R_1)C{=}N.R_3$, j'ai pu préparer avec d'excellents rendements des cétoximes substituées du type (I) par oxydation des N.N-dialcoyl-hydroxylamines correspondantes (I') suivant le schéma



C'est ainsi, par exemple, qu'en oxydant à l'aide des divers oxydants (ferricyanure de potassium en milieu alcalin, oxyde jaune de mercure, etc.) la N.N-*bis*-[1-phényl-propyl]-hydroxylamine, $C_{18}H_{23}ON$, $[CH_3.CH_2.(C_6H_5)CH]_2N.OH$, liquide visqueux; chlorhydrate F 188° (déc.); son dérivé acétylé, F 112°; sa phényluréthane F 113° (déc.), j'ai obtenu presque quantitativement la N-[1-phényl-propyl]-oxime de la propiophénone, $C_{18}H_{21}ON$, $[C_6H_5(C_2H_5)C{=}N(:O).CH(C_2H_5).C_6H_5$, liquide visqueux]. L'hydrolyse chlorhydrique de ce produit fournit la N-[1-phényl-propyl]-hydroxylamine et la propiophénone.

Remarque. — Les N.N-dialcoyl-hydroxylamines du type (I') peuvent être préparées par plusieurs procédés et en particulier par action alternative du réactif de Grignard et des oxydants sur les aldoximes N-substituées, composés facilement accessibles ([3]).

B. *Préparation des N-acidyl-oximes.* — En oxydant les N-acidyl-N-alcoyl-hydroxylamines (II') par divers oxydants, comme dans le cas de préparation des N-alcoyl-cétoximes, on obtient presque quantitativement les oximes N-acidylées correspondantes (II) selon le schéma



Ainsi, par exemple, en oxydant la N-acétyl-N-benzyl-hydroxylamine, F 127° $C_6H_5.CH_2.N(OH).CO.CH_3$, à l'aide de OHg en milieu chloroformique, on obtient la N-acétyl-benzaldoxine, F 15°, $[C_6H_5.CH{=}N(:O).COCH_3]$, composé identique à l'α-acétyl-benzaldoxime, préparée par action de l'anhydride acétique sur la benzaldoxime.

De même l'oxydation de la N-phénylcarbamyl-N-benzyl-hydroxylamine, F 166° (déc.), $(C_6H_5CH_2N(OH)CONHC_6H_5)$ fournit la N-phénylcarbamyl-

([2]) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 304.
([3]) P. Grammaticakis, *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 61.

benzaldoxime, F 136° ($C_6H_5CH=N(:O)CONHC_6H_5$), obtenue également par action de l'isocyanate de phényle sur la benzaldoxime.

Je dois noter que le mode de préparation des dérivés acidylés précédents de la benzaldoxime est en faveur de la structure N-acidylée de ces composés et en désaccord avec la structure O-acidylée, attribuée jusqu'ici, presque unanimement, aux composés α-acidylés des oximes ([1]).

Je poursuis des recherches en vue de vérifier si l'action des halogénures des alcoyles du type $XCH(R_1)R_2$ sur les cétoximes sodées ou la condensation des N-alcoyl-hydroxylamines de forme $R_2(R_1)CHNHOH$ avec les cétones peut fournir des cétoximes N-alcoylées (I).

MYCOLOGIE. — *Le comportement nucléaire dans les basides urniformes et à plus de quatre spores de* Sistotrema confluens *Pers.* Note de M. **Robert Kühner**, transmise par M. Joseph Magrou.

Nous avons rencontré *Sistotrema confluens* à trois reprises au cours de l'automne de 1946, dans la région de Besançon (forêt de Chailluz, bois d'Auxon dessus, bois de Lougres près Colombier-Fontaine). Le matériel, fixé au picroformol de Hollande et inclus à la paraffine, a donné après coupe au microtome et coloration par la méthode de Gram (au violet cristal), des préparations remarquablement limpides, dans lesquelles les noyaux tranchaient sur le fond d'une façon tellement accusée que l'étude de leur comportement était relativement aisée, malgré la très petite taille des éléments hyméniens.

L'intérêt cytologique des individus récoltés résidait en particulier dans le fait qu'ils possédaient *des basides nettement urniformes, portant toujours plus de quatre spores* (de cinq à huit), contrairement à ce qui est habituellement indiqué pour le type de cette espèce. Or il est classique d'admettre que chez la plupart des Basidiomycètes, le noyau de fusion de la baside ne donne que quatre noyaux à la suite de deux séries de divisions. Si ce comportement nucléaire se trouvait réalisé chez notre champignon, chaque baside porterait seulement quatre spores à un noyau, les autres spores étant privées de noyaux (spores vaines).

En fait *nous n'avons jamais vu de spores vaines* chez *Sistotrema;* toutes les spores renferment un noyau, à l'extrémité opposée à l'apicule hilaire; nous avons même observé des basides portant 7 ou 8 spores que les opérations d'inclusion avaient laissées en place sur les stérigmates et dont chacune contenait un noyau évident. Il est pourtant certain que *la baside ne renferme que quatre noyaux au moment de la migration nucléaire vers les spores;* il n'y a encore que quatre noyaux au moment où ceux-ci sont moulés à l'intérieur des stérigmates; il est facile de reconnaître que seuls quatre stérigmates sont *Gram-*

([1]) P. Grammaticakis, *Comptes rendus*, 233, 1946, p. 741.

positifs (à cause du noyau qu'ils contiennent), les stérigmates surnuméraires ne retenant aucunement le violet cristal. C'est alors qu'intervient la troisième série de divisions nucléaires, dont nous avons montré ailleurs la généralité; elle a lieu, soit dans la spore dès que le noyau y est parvenu (division longitudinale), soit dans le stérigmate même; le résultat est le même dans les deux cas : le noyau fils le plus éloigné du pied de la baside échoit à la spore vers laquelle s'était dirigé le noyau père; l'autre noyau fils quitte la spore ou le stérigmate où il a pris naissance et pénètre dans une des spores n'ayant pas encore reçu de noyau, ou reste dans la baside si toutes les spores sont pourvues. C'est ainsi que nous avons noté de un à trois noyaux résiduels dans des basides portant des spores toutes uninucléées, dont le nombre devait être vraisemblablement inférieur à huit.

Le fait que *la troisième série de divisions nucléaires n'a lieu que bien après le début de la formation des spores*, et seulement lorsque les quatre noyaux issus des deux premières divisions sont engagés dans quatre stérigmates, ne plaide guère en faveur de l'idée que l'octosporie est, chez *Sistotrema*, un caractère primitif hérité des ancêtres hypothétiques communs aux Basidiomycètes et aux Ascomycètes. Peut-être faut-il voir au contraire dans la multiplication du nombre des spores par baside, un moyen de tirer parti des quatre noyaux qui, dans tant d'homobasidiés leucosporés, restent dans la baside après la chute des spores? Nous avons montré que beaucoup de chromosporés utilisent aussi ces noyaux, mais de façon différente, conservant dans chacune de leurs spores les deux noyaux issus de la division des quatre noyaux qui s'étaient engagés dans les stérigmates.

Au point de vue de l'orientation des fuseaux de division nucléaire, *Sistotrema confluens* est nettement stichobasidié. *Le fuseau de la première division* qui a lieu à un moment où le col caractéristique des basides urniformes est déjà nettement différencié de leur base ventrue, *est en général fortement oblique*, parfois même presque longitudinal; le fuseau de cette première division est d'ailleurs nettement trop long pour qu'une disposition apicotransverse soit possible dans le col étroit de la baside. Nous avons pourtant observé à trois reprises des fuseaux nettement apicotransverses, au sommet de ce col, mais ils étaient si notablement plus petits que les fuseaux fortement obliques, que nous pensons qu'il s'agit de fuseaux de la seconde série de divisions nucléaires; il est difficile d'en apporter la preuve formelle, car on ne voit jamais ces fuseaux apicotransverses par deux, comme c'est le cas pour les fuseaux de la seconde série de divisions des chiastobasidiés, ce qui tient au fait que les deux fuseaux de la seconde série de divisions nucléaires sont ici répartis à des niveaux très différents de la baside; si l'un est placé dans le col, l'autre est placé beaucoup plus bas, dans la partie ventrue de la baside. C'est encore une particularité qui éloigne nettement *Sistotrema confluens* des chiastobasidiés.

BIOLOGIE QUANTIQUE. — *Autocatalyse dans les systèmes protéiques.* Note [1] de M. **Fernand Pasquier.**

Pascual Jordan [2] cherche l'explication de l'autocatalyse des protéines dans la résonance quantique. Friedrich Freksa, au contraire, en voit la cause dans des moments dipolaires statiques.

L'analyse de ces deux théories nous conduit à rejeter la théorie des dipôles et à retenir en la précisant l'idée de Jordan qui ne fait pas jouer un rôle particulier aux charges électriques, mais qui insiste sur les deux points suivants, à notre avis, beaucoup plus importants : les forces homopolaires et l'identité de nature.

Essayons de développer cette idée en dégageant l'énoncé précis du problème de mécanique ondulatoire auquel elle donne naissance. Pour simplifier, considérons une seule molécule formée $\mathcal{M}$ et un ensemble $\{\mu'_i\}$ de particules dont la réunion formerait une molécule $\mathcal{M}'$ semblable à $\mathcal{M}$ (même constitution); d'autre part, les paires (μ_i, μ'_i) sont formées de deux particules identiques. Le système total S est la réunion de $\mathcal{M}$ et $\mathcal{M}'$. L'hamiltonien du système est

$$H(S) = H(\mathcal{M}) + H(\mathcal{M}') + V;$$

$H(\mathcal{M})$ est relatif à la molécule $\mathcal{M}$ formée initialement, $H(\mathcal{M}')$ à l'ensemble des $\{\mu'_i\}$; V est le terme d'interaction entre $\mathcal{M}$ et $\mathcal{M}'$.

Les opérateurs $H(\mathcal{M})$ et $H(\mathcal{M}')$ ont même forme. Soit Φ la fonction d'onde du système sans interaction sous les conditions initiales indiquées. On a

$$[H(\mathcal{M}) + H(\mathcal{M}')]\Phi = \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\Phi}{\partial t}.$$

Utilisons comme système de base l'ensemble des fonctions propres $\Phi_{uv'}$ de l'opérateur $H(\mathcal{M}) + H(\mathcal{M}')$ satisfaisant aux conditions de symétrie et antisymétrie convenables. Les fonctions propres de $H(\mathcal{M})$ et $H(\mathcal{M}')$ étant de même forme, on a pour $\Phi_{uv'}$ les combinaisons suivantes, les crochets signifiant que l'on a tenu compte des conditions de symétrie et d'antisymétrie liées à l'indiscernabilité des corpuscules

$$\Phi_{uv'}\begin{cases}[\psi_u, \psi'_{u'}] & \text{2 molécules formées,}\\ [\psi_u, \varphi'_{v'}] & \text{types initiaux,}\\ [\varphi_v, \psi'_{u'}] & \\ [\varphi_v, \varphi'_{v'}] & \text{décomposition complète en } \mu_i,\\ [\text{autres fonctions}] & \text{dissociations plus profondes.}\end{cases}$$

Quand il y a interaction, la fonction d'onde peut s'écrire $\Psi(t) = \sum_{u,v'} C^{(t)}_{u,v'}\Phi_{uv'}$.

---

[1] Séance du 31 mars 1947.

[2] *Naturwiss.*, 32, 1944, pp. 20-26.

A l'instant $t = 0$, tous les coefficients $C_{uv'}(0)$ sont nuls excepté $C_{u_0v'_0}(0)$ égal à l'unité, le système étant dans l'état stationnaire $[\psi_{u_0}, \varphi'_{v'_0}]$. L'énergie cinétique pouvant varier d'une façon continue, le système peut passer, du fait de la perturbation, de l'état initial $(u_0 v'_0)$ à des états (uv') appartenant à un spectre continu. La probabilité totale de transition pendant le temps t de l'état initial à l'un quelconque des états (uv') appartenant à l'intervalle d'énergie E, E + ΔE, est donnée par la formule (³)

$$\mathfrak{p}'(t) = \frac{4\pi^2}{h^2}\int_{E}^{E+\Delta E} |V_{(uv'),(u_0v'_0)}|^2 \left(\frac{\sin\frac{\pi}{h}(E - E_{u_0v'_0})t}{\frac{\pi}{h}(E - E_{u_0v'_0})}\right)^2 \rho(E)\,dE,$$

où $\rho(E)\,dE$ désigne le nombre d'états quantiques dans l'intervalle dE. Si $E_{u_0v'_0}$ n'appartient pas à l'intervalle d'intégration, pour des valeurs de t assez grandes, $\mathfrak{p}'(t)$ est très petit, de l'ordre de ΔE. La probabilité par unité de temps $\mathfrak{p}'(t)/t$ tend vers zéro au bout d'un temps long. S'il y a dégénérescence entre l'état (uv') et l'état initial $(E_{uv'} = E_{u_0v'_0})$, la probabilité de transition devient

$$\mathfrak{p}(t) = \frac{4\pi^2}{h} |V_{(uv'),(u_0v'_0)}|^2 \rho(E_{u_0v'_0})\,t.$$

Dans ce cas, la probabilité de transition par unité de temps $\mathfrak{p}(t)/t$ tend vers une valeur finie quand t devient très grand.

Les dégénérescences intéressantes sont les dégénérescences d'un état $(u\,u')$ (2 molécules formées) avec l'état initial. L'identité de nature introduit de semblables dégénérescences. On peut, en effet, considérer l'état initial comme étant constitué d'une part par une molécule formée et un ensemble de constituants μ'_i dans son voisinage, et d'autre part par un état $(u\,u')$ constitué par deux molécules formées dans un état excité qui s'éloignent avec une certaine énergie cinétique.

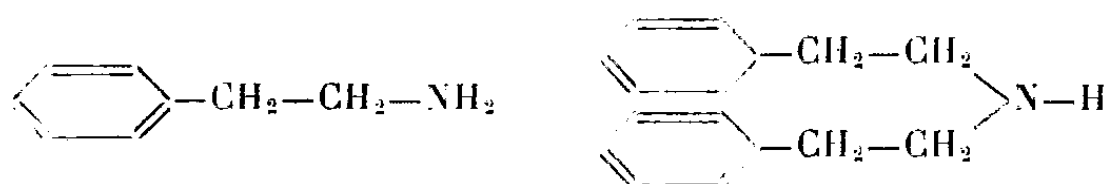
Il y aurait donc, dans ce cas, effet autocatalytique. Si la molécule $\mathfrak{M}$ est différente de $\mathfrak{M}'$ en constitution, le nombre des dégénérescences doit être beaucoup moins grand; il y aurait donc beaucoup moins de chances pour qu'il y ait, cette fois, catalyse.

Le calcul que nous venons de faire permettrait donc de justifier l'hypothèse de phénomènes autocatalytiques dans la formation des protéines sans faire intervenir de dipôles, mais uniquement l'identité de nature des particules et les forces d'échange qui en résultent.

(³) Louis de Broglie, *Théorie du noyau*, 1, p. 23.

PHARMACODYNAMIE. — *Inversion d'actions physiologiques par passage de la phényléthylamine à la diphényléthylamine.* Note (1) de M. **René Hazard**, présentée par M. Léon Binet.

Le doublement de la molécule d'une substance peut en modifier certaines propriétés physiologiques au point de les inverser. Aux exemples déjà connus (2) vient s'en ajouter un autre, imparfait d'ailleurs : celui de la β-phényléthylamine et de la di(phényléthyl)amine (D.P.E.A.), l'amine secondaire provenant d'une nouvelle fixation, sur l'azote de l'amine primaire, du même radical $C_6H_5—CH_2—CH_2$



Nous avons comparé quelques effets de l'une et de l'autre amine, agissant à la même dose chez le même animal ou à concentration identique sur le même fragment d'organe isolé. Leur opposition apparaît nettement sur la pression artérielle et l'intestin isolé.

Chez le Chien chloralosé, nous avons constaté, après bien des auteurs depuis Barger et Dale (3), que la P. E. A., injectée par la voie intraveineuse à la dose de 1 à 5^{mg} de chlorhydrate par kilogramme, exerce une forte action hypertensive, que freine la bradycardie réflexe, et qu'exalte la vagotomie double; la vasoconstriction rénale est plus ou moins marquée. Sur le cœur *in situ*, l'effet inotrope et chronotrope positif, normalement interrompu par le réflexe vagal contre l'hyertension, est net et prolongé après vagotomie.

La D. P. E. A. exerce au contraire une action hypotensive d'intensité plus faible et de durée plus courte que l'effet hypertenseur de la P. E. A., mais toujours marqué. A l'abaissement de pression succède en général un simple retour à la normale (*fig.* 1), parfois une lente et très faible élévation de pression. Le tracé oncographique du rein suit passivement celui de la pression. On observe sur le cœur une dépression passagère suivie d'un simple retour à l'amplitude normale.

---

(1) Séance du 31 mars 1947.

(2) Mme L. Buchel, Denise Kohler et Jeanne Lévy, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 299.

(3) Pour la bibliographie, voir Hamet, *Arch. Int. Phar. Ther.*, 44, 1932-1933, p. 67; Tainter, *id.*, 46, 1933, p. 192; Hambourger et Tamieson, *J. Phar. exp. Ther.*, 58, 1936, p. 53.

Sur le cœur de Grenouille, la D. P. E. A. se montre plus dépressive que la P. E. A. et trouble seule la réponse ultérieure du cœur à l'adrénaline.

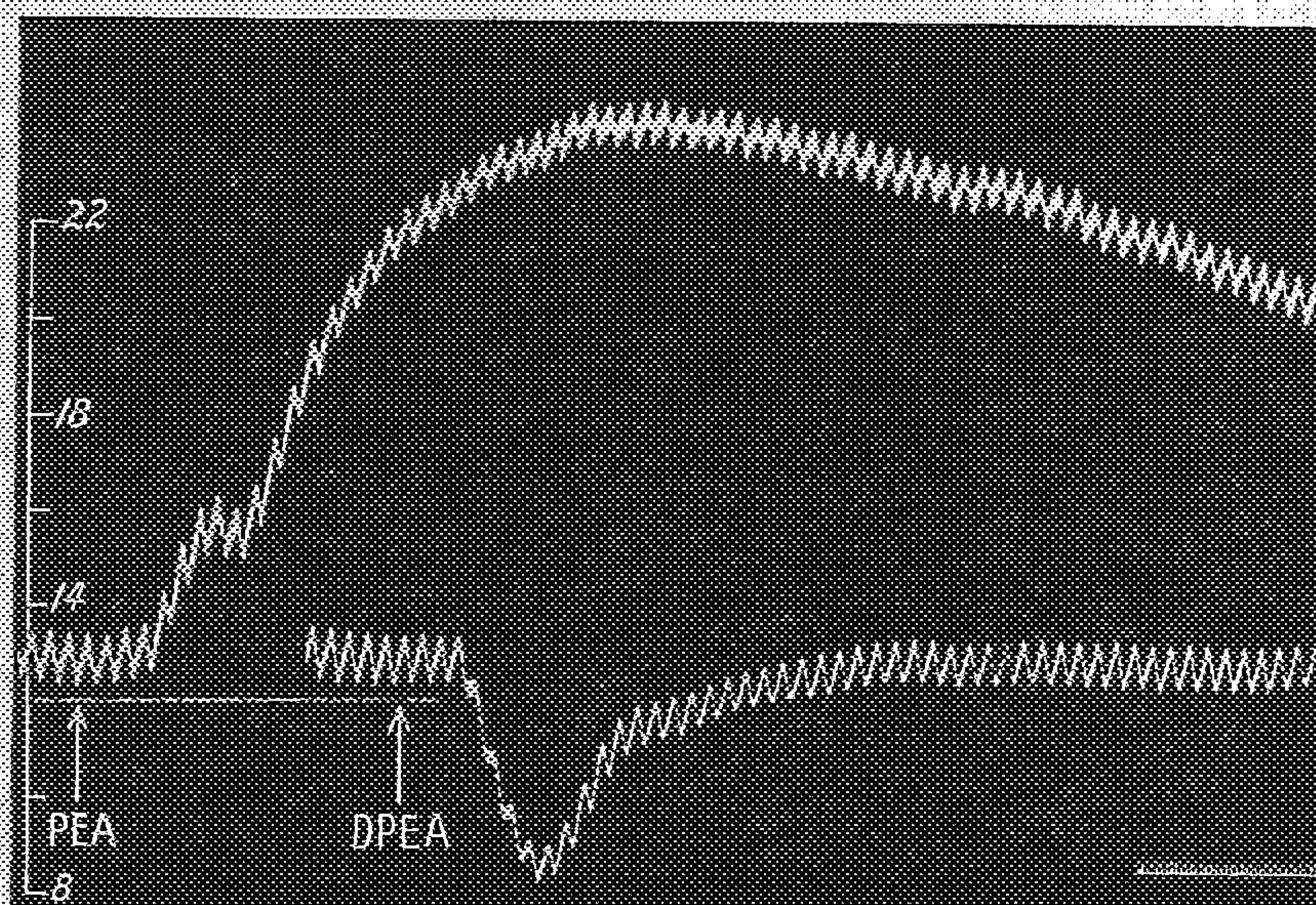


Fig. 1. — *Action opposée des deux amines sur la pression artérielle.* Chien ♂, 6^{kg},7, chloralosé; vagotomie double. Pression carotidienne avec trait repère à 12 c/m Hg. En bas à droite, les temps en secondes. En P. E. A., injection de 2^{mg},5 de chl. de phényléthylamine; en D. P. E. A., de 2^{mg},5 de chl. de di-(phényléthyl) amine par kg. (Tracé réduit de 1/5.)

Sur l'intestin isolé (Rat, Cobaye, Lapin), la P. E. A. se montre généralement excitante et la D. P. E. A., aux mêmes concentrations, dépressive (*fig.* 2).

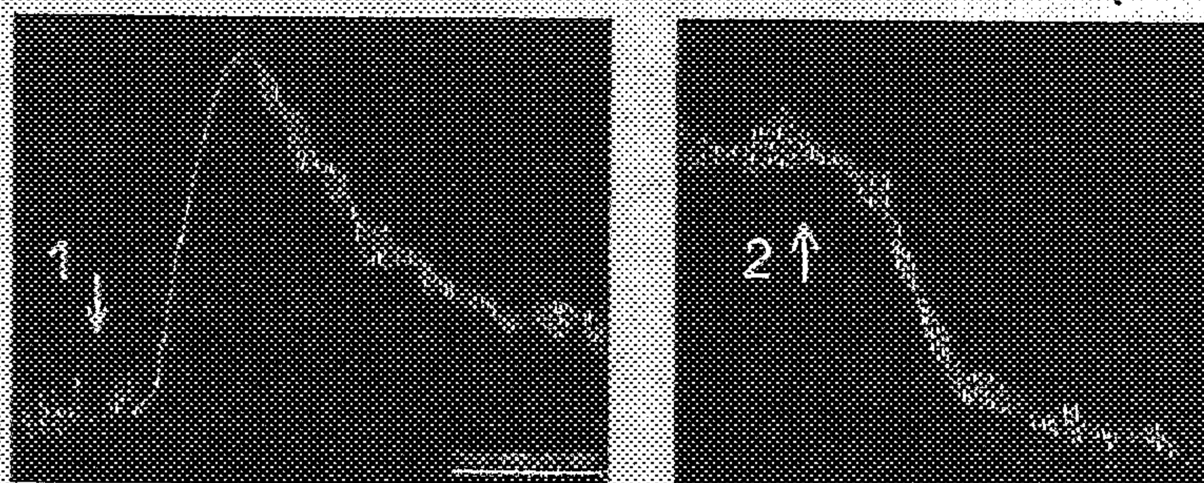


Fig. 2. — *Action opposée des deux amines sur l'intestin isolé du Rat.* On fait agir à la même concentration (1 pour 40000) : en 1, le chl. de phényléthylamine (en bas à droite, les temps en secondes); en 2, le chl. de di-(phényléthyl) amine.

Ces exemples montrent bien l'opposition de certains des effets exercés par l'une et l'autre amine.

BIOLOGIE. — *Brachyptérisme et actions endocrines chez* Gryllus campestris *L.* (*Insecte Orthoptère*). — Note de MM. RAYMOND POISSON et ROBERT SELLIER, transmise par M. Louis Fage.

Le brachyptérisme (ou l'aptérisme) est un phénomène très général chez les Insectes Ptérygotes, mais dont le déterminisme est parfois fort complexe (R. Poisson) (¹). Parmi les causes susceptibles d'influencer l'état de développement des ailes et à la lumière de recherches récentes [en particulier celles de Pflugfelder (²), etc.], on peut envisager qu'une modification de l'équilibre endocrinien au cours de l'évolution larvaire, en accélérant ou en ralentissant cette évolution, est peut-être susceptible, chez certains insectes frappés de brachyptérisme, de provoquer le développement complet des ébauches alaires. Les Orthoptères représentent à ce sujet un matériel particulièrement favorable.

Nos premières expériences ont porté sur le Grillon champêtre (*Gryllus campestris* L.). L'espèce, on le sait, est brachyptère avec des élytres aussi longs que l'abdomen et des ailes réduites, plus courtes que les élytres. La forme macroptère (individus à ailes caudées) paraît rarissime aussi bien dans la nature que dans les élevages. Jusqu'à présent deux exemplaires de Grillons champêtres macroptères ont été capturés, l'un par Krauss (³) dans la vallée du Neckar, l'autre par Rabaud et Verrier (⁴) en France, dans la région de Fontenay-aux-Roses. Par ailleurs, sur un très grand nombre d'individus obtenus d'élevage, G. Cousin (⁵) semble n'avoir observé que très rarement des individus à ailes caudées.

Nos expériences ont consisté à transplanter, d'une part, des *corpora allata* de larves d'âge moyen (5ᵉ et 6ᵉ âge) à des larves plus âgées (9ᵉ et 10ᵉ âge), d'autre part, à effectuer des implantations de cerveaux prélevés sur des larves âgées (proche de la mue imaginale), dans des larves plus jeunes. Les résultats de ces implantations ont été, dans ces deux séries d'expériences, de modifier, comme il fallait s'y attendre, l'allure du développement larvaire. Dans le premier cas nous assistons à une prolongation du développement, qui se manifeste par des mues surnuméraires et l'obtention de larves géantes (résultats concordant avec ceux de Pflugfelder, Wigglesworth, etc). Mais, outre leur plus grande taille, ces larves présentent aussi une dysharmonie de croissance des ébauches alaires par rapport aux larves normales; il ne nous est toutefois

(¹) *La Revue Scientifique*, 1946 (sous presse).
(²) *Zeit. Wiss. Zool.*, 152, 1939, p. 384; 153, 1940, p. 108.
(³) *Verh. K. K. Zool. Bot. Ges. Wien.*, 36, 1886, p. 137.
(⁴) *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 71, 1946, p. 147.
(⁵) *Mém. Acad. Sc.*, 64, 1940.

pas encore possible de préciser si cette dysharmonie se traduira finalement par la production d'imagos macroptères.

Dans la deuxième série d'expériences (implantations de cerveaux) *le développement larvaire est nettement accéléré*. Cette accélération résulte en particulier de la suppression ou du raccourcissement de la durée de la diapause. Le développement, au lieu de s'étendre sur quatre mois (dans les conditions de notre élevage), se fait alors en deux mois environ et *aboutit à l'obtention d'une majorité d'individus macroptères, à ailes caudées*. Nos résultats ne sont pas en effet tous positifs. Cela peut provenir du fait que nous n'avons pas encore déterminé avec précision à quel moment critique du développement ces implantations seraient les plus actives.

En ce qui concerne cette évolution accélérée des larves qui permet d'obtenir expérimentalement des individus macroptères chez un Grillon généralement brachyptère, nous devons rappeler que, dans ses études sur la variation des Tétrigides, Nabours (6) conclut que le dimorphisme alaire de ces Orthoptères n'est pas héréditaire et qu'il s'agit d'une variation somatique due aux conditions du milieu : un développement lent pendant l'hiver donnerait des individus à ailes courtes. D'autre part, Chopard (7), qui a observé dans un élevage de *Pteronemobius heydeni* (Fisch.) l'apparition d'un individu macroptère, attribue ce cas de macroptérisme à l'évolution larvaire particulièrement rapide subie par cet exemplaire, le développement des formes brachyptères étant beaucoup plus lent. Il convient aussi de mentionner que *Gryllus bimaculatus* de Geer, forme française méridionale, affine de *Gryllus campestris*, est toujours macroptère; or ce macroptérisme se montre corrélatif, comme dans les cas précédents, d'un développement larvaire *accéléré sans discontinuité* (4 mois environ dans la nature, contre 9 à 10 mois pour *G. campestris* dans les mêmes conditions).

Notre deuxième série d'expériences semble de plus permettre à nouveau de considérer le cerveau des Insectes comme un organe partiellement endocrinien; sans nous étendre ici sur ce point, nous préciserons que nous avons observé sur la face dorsale des ganglions cérébroïdes de *G. campestris* de grosses cellules d'aspect glandulaire, morphologiquement différentes des éléments nerveux, et analogues à celles qui ont été signalées antérieurement chez d'autres Insectes (Abeilles, Cochenilles, *Rhodnius*) [P. Joly (8)].

---

(6) *Bibl. Genet. s'Gravenhage*, **5**, 1929.
(7) *Bull. Biol. Fr. Belg.*, **62**, 1928, p. 157.
(8) *Ann. Biol.*, **21**, 1945, p. 1.

GÉNÉTIQUE. — *Les éléments du déterminisme de* l'aile longue *chez un* Gryllus campestris *L. de l'Afrique du Nord.* Note de M[lle] **Germaine Cousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'espèce *Gryllus campestris* (C) a des caractéristiques spécifiques bien définies. Seules les ailes vestigiales, chez les C normaux, manifestent une réelle variabilité [indices : ♀, 5,3; ♂, 4,7; contre 2,7 et 3,0 pour l'espèce bimaculatus (B)]. Pour les autres caractères de C, les indices s'échelonnent entre 1,9 et 3,1. En dehors des C normaux, on rencontre dans les élevages des spécimens aux ailes allongées, variation exceptionnelle qui l'est encore plus dans la nature (4 cas signalés), et s'observe surtout chez les ♀. Enfin, il existerait en Afrique du Nord une variété de C à ailes allongées (de Saussure, 1877).

J'analyse ici la descendance d'une ♀ macroptère qui fut récoltée à l'état larvaire, à Djelfa (Sud algérien). L'étude biométrique de la forme imaginale montre qu'il s'agit bien de l'espèce C et non d'un éventuel hybride entre les espèces C et B. En effet, en % des moyennes des grandeurs relatives des caractères de ♀ C, les dimensions relatives de cette ♀ sont les suivantes :

Caractères : Haut. face Th, 99 %; larg. tête Tt, 106 %; pronotum larg. ant. Pa, 97 %; larg. post. Pp, 93 %; long. Pl, 97 %; fémur Fé, 100 %; tibia Ti, 95 %; tarière Ta, 94 %; élytre long. El, 106 %; larg. Et, 107 %; aile long. Ai, 133 %; taille ($\Sigma 7x$), 112 %.

Tous les caractères de cette ♀ s'inscrivent dans les limites de la variabilité individuelle du type spécifique C, sauf les ailes qui sont allongées de 33 %. Son indice alaire Ai/El est de 1,05, alors que Ai/El moyen des C d'élevage est 0,84, avec des limites de variabilité *observée* autour de l'axe d'équilibre de 8 % et des limites *théoriques* de 13 %. Les ailes de cette ♀, qui ont un écart de 19 %, sortent nettement des limites de la variabilité normale.

Cette ♀ a été croisée avec un ♂ C microptère typique de Rambouillet. Dans la descendance (DjC) la mortalité fut négligeable. La ♀ Dj est morte avant d'avoir pondu tous ses œufs. Sont arrivés au stade imaginal : 166 ♀ et 131 ♂, soit, avec une nymphe ♂, 298 descendants. L'étude biométrique qui suit précise les caractéristiques héréditaires et la position systématique de cette population DjC.

Exclusion faite des élytres et des ailes, les distributions des points représentatifs des couples de mesures de tous les caractères des Grillons DjC, de chaque sexe, correspondent à ceux des caractères homologues de l'espèce C et restent dans les limites de la variabilité des C d'élevage. Les ailes des DjC se classent, dans chaque sexe, en deux groupes distincts : microptères, aux ailes ne dépassant pas les élytres et macroptères, aux ailes plus longues que les élytres. On peut dénombrer 73 microptères et 92 macroptères ♀, soit respectivement 44 % et 56 %; et 34 microptères et 97 macroptères ♂, soit respectivement 26 % et 74 %.

L'indice alaire Ai/El, sur les tableaux de corrélation, sépare complètement

les DjC micro- et macroptères en deux populations éloignées l'une de l'autre, ayant chacune et pour chaque sexe leur distribution normale. Entre les caractères Ai et El, dans chacun des groupes, les corrélations totales et partielles sont positives et élevées, comme chez tous les Gryllus. Ces caractéristiques soulignent l'autonomie génétique des micro- et macroptères. Les indices alaires des microptères sont typiquement C (moyennes : DjC ♀-0,88; ♂-0,84 environ et C ♀-0,84; ♂-0,79), ceux des macroptères C sont toujours inférieurs aux moyennes des indices alaires des espèces de Grillons macroptères (moyennes : DjC ♀-1,46; ♂-1,41 environ, contre *Gr. bermudensis* ♀-1,64; ♂-1,59; *Gr.* B ♀-1,64; ♂-1,59; *Gr. domesticus* ♀-1,63). Quant aux élytres, ils constituent, surtout chez les ♀, deux populations distinctes en corrélation avec la longueur des ailes.

Les indices individuels $Ai/\Sigma 7x$ chez DjC ♀ sont, pour les microptères, égaux à ceux de C, pour les macroptères, très nettement inférieurs à ceux de B. Ces mêmes indices, chez DjC ♂, sont, pour les microptères, légèrement supérieurs à ceux de C et pour les macroptères, nettement inférieurs à ceux de B. Dans les deux sexes, quelques spécimens, de petite taille, en quelque sorte brachyptères, sont intermédiaires entre les deux groupes.

L'indice Et/El n'est significatif que chez les ♀, qu'il sépare en deux groupes très voisins, à distribution gaussienne distincte, correspondant aux deux types de longueurs d'élytre et d'aile. Dans les deux sexes, l'élytre DjC est de type C, et quoique légèrement plus étroit chez les ♂, demeure plus large que chez B.

L'indice Th/Ti, qui sépare complètement C et B, sépare également de B les ♀ et ♂ DjC et permet de les intégrer tous parmi les C. L'indice Th/Ai, plus démonstratif encore, sépare les DjC macroptères de C, ainsi que de B, alors que les DjC microptères demeurent parmi les C typiques. Ainsi, tous les indices individuels Th/Ai au-dessus de 0,47 pour les ♀ et de 0,52 pour les ♂ groupent les C typiques et les DjC microptères, et tous ceux compris entre 0,29 et 0,38 pour les ♀ et 0,33 et 0,40 pour les ♂ groupent les C macroptères d'élevage et les macroptères DjC.

L'ensemble des caractéristiques de DjC ne se rencontre ni dans l'espèce B, ni dans les groupes hybrides F_1 et F_2 obtenus du croisement des espèces C et B, ni dans leurs hybrides de rétrocroisement. L'apparition sporadique de Grillons macroptères dans les élevages de C pourrait être attribuée, soit à l'action immédiate des conditions du milieu expérimental, soit à l'influence directe de facteurs internes contrôlés par la constitution génétique même des Insectes modifiés, soit par l'action combinée des deux influences. Les faits relatés ici s'inscrivent uniquement en faveur d'un mécanisme génétique. Quoique la variation soit plus fréquente aux températures élevées, si le milieu agissait directement sur le phénotype normal à ailes vestigiales, la proportion d'exemplaires modifiés devrait être plus grande. Or, dans un même milieu, les spécimens à ailes longues sont l'exception et, si certaines souches pures sont moins stables que d'autres, la variation y reste encore fort rare. Enfin si l'on ne peut faire de déductions quantitatives rigoureuses de l'étude de la descendance d'un seul couple dont la ♀ était sûrement hétérozygote, on peut cependant

conclure en faveur de la transmission héréditaire du développement des ailes. Ces faits et les résultats de l'étude biométrique de phénotypes bien caractérisés de macroptère C d'élevage suggèrent diverses hypothèses; par exemple, que le développement de l'aile est conditionné par des facteurs génétiques agissant sous le contrôle d'allélomorphes multiples, ou bien que le ou les gènes responsables du développement de l'aile mutent quelquefois, dans certaines conditions, dans le sens d'un retour vers le type primitif.

MICROBIOLOGIE. — *La nature de la toxine pesteuse.* Note (¹) de MM. **Georges Girard** et **Georges Sandor**, transmise par M. Gaston Ramon.

On sait que les filtrats de culture en bouillon du bacille de la peste sont toxiques pour le Rat et la Souris au même titre que les corps microbiens tués ou leurs extraits. Pour la majorité des auteurs, le poison pesteux qui tient une si large place dans la symptomatologie de la peste humaine, est une endotoxine libérée par la désintégration des microorganismes (S. Rowland, Besredka). Cependant quelques expérimentateurs, notamment Markl, Kossel et Overbeck, Dieudonné et Otto, avaient suggéré que la toxine du bacille pesteux pouvait représenter un mélange de produits du métabolisme de la bactérie vivante et d'endotoxine. Mais à l'époque où ces hypothèses furent formulées, on ne savait à peu près rien de la constitution antigénique des microbes ou de la structure chimique des toxines généralement englobées dans la catégorie des « nucléoprotéides ». Les travaux de ces quinze dernières années, en mettant en évidence la présence d'un complexe glucido-lipidique (Boivin) dans les endotoxines de nombreux germes pathogènes Gram-négatifs, complexe absent dans les toxines vraies ou exotoxines, ont permis de discriminer de façon plus précise du point de vue chimique ces deux types de poisons que différenciaient déjà leurs propriétés physico-chimiques et surtout biologiques. Rappelons seulement l'affinité neurotrope particulière aux toxines vraies, leur comportement à l'égard du formol associé à la chaleur qui a conduit G. Ramon à la découverte des anatoxines.

Or, contrairement aux prévisions, il n'a pas été possible de déceler par la technique de A. Boivin un complexe glucido-lipidique chez le bacille pesteux toxique, qu'il soit virulent ou avirulent (²).

En outre, la filtration sur bougie L^3 ne réduit pas la toxicité du bouillon pesteux ou des extraits de culture sur gélose dont les doses minima mortelles

(¹) Séance du 31 mars 1947.

(²) G. Girard, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1577.

sont identiques à celles du même matériel soumis à l'action du toluol ou de la seule centrifugation afin d'en éliminer les corps microbiens. Il s'agit donc d'une molécule relativement petite. L'affinité de ce poison pour le système nerveux central est manifeste. Le chauffage à 65° pendant une heure, comme l'avait montré Besredka ([3]), atténue déjà sensiblement son pouvoir pathogène qui disparaît totalement vers 80°, température de coagulation de ce protéide. Sous l'action du formol à 4 % et d'une température de 37°, pendant 10 jours, les filtrats sont devenus atoxiques tout en gardant une valeur antigène et des propriétés immunisantes pour le Rat et la Souris à l'égard de l'infection pesteuse. G. Ramon, dès 1924, avait souligné l'intérêt de la préparation éventuelle d'une *anatoxine* pesteuse en constatant que des chevaux qui avaient reçu du filtrat de bouillon pesteux additionné quelques jours plus tôt d'une petite quantité de formol avaient un sérum qui floculait en présence de ce filtrat ([4]).

Des chevaux hyperimmunisés avec cette toxine formolée injectée par voie veineuse produisent un sérum dont la valeur préventive ou curative expérimentale est du même ordre que celle du sérum des chevaux préparés avec des germes vivants, avirulents mais toujours toxiques, inoculés par la même voie. Sur ces données, il était indiqué, aux fins de préciser la nature de la toxine produite dans les cultures en bouillon, de rechercher si les anticorps de ces deux types de sérum étaient identiques et contenus dans les mêmes fractions des globulines sériques.

L'un de nous a montré qu'une méthode simple de fractionnement des sérums permet de distinguer entre les antitoxines véritables, de nature pseudoglobulinique, et les anticorps bactériens, supportés pour la plupart par les euglobulines ([5]). Il s'agit, rappelons-le, de dialyser les sérums contre l'eau distillée à pression constante et à la glacière, pendant trois jours, puis de diluer le sérum au 1/5 de son volume primitif dans l'eau distillée. Le précipité ainsi obtenu représente l'euglobiline 1. Toujours dépourvue d'activité antitoxique à proprement parler, l'activité antibactérienne, agglutinante ou protectrice, de cette fraction est constamment très manifeste. L'addition de 1/10 de cm^3 d'acide acétique N/40 par centimètre cube d'eaux mères produit un deuxième précipité (euglobuline II), fraction lipoprotéidique relativement inerte au point de vue immunologique. Des eaux mères finales, enfin, les pseudoglobulines sont obtenues par précipitation à l'aide du sulfate d'ammonium à 34 %.

Or, la répartition des anticorps parmi ces trois fractions dans les sérums antipesteux préparés comme nous le disons ci-dessus est absolument identique. La majeure partie des activités précipitante, agglutinante ou protectrice, sont supportées dans les deux cas par l'euglobuline 1, et en faible proportion seulement par les pseudoglobulines. L'unité de

---

([3]) *Endotoxines microbiennes* (*Bull. Inst. Pasteur*, 12, 28 février 1914, p. 195).

([4]) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 485.

([5]) G. SANDOR, *X^e Congrès de Chimie biologique*. Liége, octobre 1946, en impression dans le *Bulletin de la Société de Chimie Biologique*.

poids de l'euglobuline 1 supporte, par exemple, 20 ou 30 fois plus d'activité précipitante, et dans le sérum antibactérien et dans le sérum anti-anatoxique, que l'unité de poids des pseudoglobulines.

Il semble bien démontré qu'un principe de nature protéidique, attaché aux corps bacillaires et diffusant dans les milieux de culture liquides, supporte la plupart des caractères pathogènes et immunisants du microbe de la peste, selon la conception de S. Rowland [6]; le fait que ce principe, tout en étant de nature *protéidique*, provoque la formation d'anticorps antibactériens, qu'il soit injecté à l'état figuré ou à l'état dissous, montre la profonde divergence de nature entre les exotoxines véritables et les prétendues « endotoxines ». Dans ce domaine, l'étude chimique des constituants du bacille de la peste ne manquera pas d'apporter une intéressante contribution.

La séance est levée à 15h35m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 20 janvier 1947.)

Note de M. *Marc Krasner*, Théorie non abélienne des corps de classes pour les extensions finies et séparables des corps valués complets : approximation des corps valués complets par les suites de corps valués complets :

Page 175, ligne 6, *au lieu de* $g_{K'_m/k'_m}$, *lire* g_{K_m/K'_m}, et *au lieu de* $g_{K'/k'}$, *lire* $g_{K/K'}$.

(Séance du 17 février 1947.)

Note de M. *Marc Krasner*, Théorie non abélienne des corps de classes pour les extensions finies et séparables des corps valués complets : approximation des corps de caractéristique $p \neq 0$ par ceux de caractéristique 0; modifications de la théorie :

Page 435, ligne 10, *au lieu de* $(k^{\star}_{w} : H_m)$, *lire* $(k^{\star}_{m} : H_m)$.

Page 436, ligne 12, *au lieu de* $\left| \|(1_n \times \mu) - (\nu \times 1_m)\| \right|$, *lire* $\left| \|(1_n \times \mu) - (\nu \times 1_m)\|^{a:mn} \right|$, et ligne 13, *au lieu de* $\mathrm{Max}\left(\left|\|\mu\|\right|, \left|\|\nu\|\right|\right)$, *lire* $\mathrm{Max}\left(\left|\|\mu\|^{a:m}\right|, \left|\|\nu\|^{a:n}\right|\right)$.

---

(6) *Journ. of Hyg.*, 10, n° 3, novembre 1910, pp. 536-565.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 AVRIL 1947.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau de l'Académie l'*Annuaire pour l'an* 1947, publié par le Bureau des Longitudes.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *L'ordination des ensembles.* Note (¹) de M. **Arnaud Denjoy.**

Voici quatre propositions bien souvent formulées :

I. *La puissance d'un ensemble infini est égale à son double*, c'est-à-dire : la réunion de deux ensembles de même puissance possède encore cette puissance.

II. *La puissance d'un ensemble infini est égale à son carré*, c'est-à-dire : l'ensemble des couples d'éléments empruntés à un même ensemble infini possède encore la puissance de celui-ci (une famille dénombrable d'ensembles dénombrables est dénombrable, la puissance de l'ensemble des points d'un carré est égale à celle du continu linéaire,...).

III. *La puissance immédiatement consécutive à une puissance infinie* ϖ est 2^{ϖ}, ceci désignant la puissance de l'ensemble des fonctions prenant indifféremment les valeurs 0 et 1 aux points d'un ensemble de puissance ϖ.

IV. *Tout ensemble peut être bien ordonné* (Zermelo).

Aucun de ces énoncés n'a trouvé une démonstration satisfaisante.

On peut sans hésitation souscrire aux deux premiers. Les deux derniers suscitent des réserves. A l'égard de ces théorèmes hypothétiques, l'attitude des analystes est diverse.

Pour les uns, les objets possédant une véritable existence mathématique forment un ensemble dénombrable; M. E. Borel en arrive même à dire : un ensemble fini. Les quatre propositions, entendues dans toute leur généralité, sont de ce point de vue à peu près vides de sens.

Pour d'autres, au contraire, le transfini de toute classe, avec les conséquences

---

(¹) Séance du 9 avril 1947.

à tirer de son emploi, particulièrement les quatre affirmations ci-dessus rappelées, tout cela est d'une réalité aussi assurée que n'importe quelle notion de l'Analyse la plus classique.

Nous admettons quant à nous l'existence solidaire de tous les nombres réels et de tous les nombres ordinaux de la classe II, mais nous regardons celle-ci comme inconcevable en tant qu'ensemble bien ordonné. Les nombres ordinaux à partir de la troisième classe sont pour nous purement fictifs, inexistants. Par contre, nous croyons indémontrable la fausseté d'une quelconque des quatre propositions données plus haut, et nous pensons que toute conception, toute allégation qui seraient contredites par un résultat tiré de l'une au moins de ces quatre propositions, doivent être tenues pour erronées. Voici deux applications de cette idée.

Énoncé inexact. — *Il est faux que l'ensemble* I *des ordinations possibles d'un ensemble infini* E *ait une puissance égale à celle de l'ensemble* H *des fonctions prenant sur* H *les deux seules valeurs* o *et* 1.

Adoptons la notation de Cantor $\overline{\overline{E}}$ pour désigner la puissance de E. Nous allons montrer successivement, en nous appuyant sur les propositions I et II, $\overline{\overline{I}} \geqq \overline{\overline{H}}$, puis $\overline{\overline{I}} \leqq \overline{\overline{H}}$.

Soit $(\mathfrak{O})$ une ordination particulière de E. A chaque élément a de E adjoignons-en un second, que nous appelons $a+i$.

En vertu de la proposition I, si l'ensemble E′ est la réunion des a et des $(a+i)$, $\overline{\overline{E'}} = \overline{\overline{E}}$. Les ordinations de E et de E′ se correspondent chacune à chacune. Si I′ est l'ensemble des secondes, $\overline{\overline{I'}} = \overline{\overline{I}}$. Soit $\varphi(a)$ une fonction de H.

Considérons l'ordination $(\mathfrak{O}', \varphi)$ de E′ ainsi définie : Si α et β sont dans E′, mais appartiennent à deux couples différents, $(a, a+i)$ contenant α, $(b, b+i)$ contenant β, l'inégalité ordinale de α et de β dans (O', φ) est, par définition, de même sens que celle de a et b dans $(\mathfrak{O})$. Si $\alpha = a$, $\beta = a+i$, on posera $\alpha \prec \beta$ si $\varphi(a) = 0$, $\alpha \succ \beta$ si $\varphi(a) = 1$. A deux fonctions φ, φ' différentes correspondent deux ordinations $(\mathfrak{O}', \varphi)$, $(\mathfrak{O}', \varphi')$ de E′ différentes. Donc $\overline{\overline{I'}} \geqq \overline{\overline{H}}$ et $\overline{\overline{I}} \geqq \overline{\overline{H}}$.

Considérons l'ensemble K des couples $c = (a, b)$ formés de deux éléments quelconques a, b de E. D'après la proposition II, $\overline{\overline{K}} = \overline{\overline{E}}$. Donc les fonctions ψ égales à o ou à 1 sur K correspondent chacune à chacune aux fonctions φ égales à o ou à 1 sur E. Si L est l'ensemble des ψ, $\overline{\overline{L}} = \overline{\overline{H}}$. Or, soit $(\mathfrak{O})$ une ordination quelconque de E, donc un élément de I. Pour l'élément $c = (a, b)$ de K, quand $a \neq b$, faisons $\psi(c) = 0$ si $a \prec b$ selon $(\mathfrak{O})$ et $\psi(c) = 1$ si $a \succ b$ dans $(\mathfrak{O})$. Pour $c = (a, a)$ faisons $\psi(c) = 0$. A tout élément $(\mathfrak{O})$ de I correspond un élément ψ de L. A deux éléments $(\mathfrak{O}_1)$, $(\mathfrak{O}_2)$ de I distincts correspondent deux éléments ψ_1, ψ_2 distincts dans L. Donc $\overline{\overline{I}} \leqq \overline{\overline{L}}$, $\overline{\overline{I}} \leqq \overline{\overline{H}}$.

Énoncé inexact. — *Il est faux qu'il soit impossible d'ordonner un ensemble infini* E *de manière que l'ensemble de ses sections finissantes ait une puissance supérieure à celle de* E.

D'après la proposition IV, E peut être bien ordonné. Soient $\varpi_\lambda = \overline{\overline{E}}$, (O) la suite cantorienne des nombres ordinaux, $S(\beta, O)$ le segment du nombre β dans (O), ω_λ le plus petit nombre dont le segment a la puissance ϖ_λ, de sorte que, si $\beta < \omega_\lambda$, $\overline{\overline{S(\beta, O)}} < \varpi_\lambda$.

Pour chaque segment $S(\beta, O)$ (ci-après $\beta < \omega_\lambda$) formons l'ensemble M_β des suites σ_β composées uniquement de nombres 0 et 1, ordonnées semblablement à $S(\beta, O)$, et non terminées par un zéro ni par une file indéfinie de zéros. Soit $M = \Sigma M_\beta$. Ordonnons M par la règle alphabétique, en ce sens que, σ_β et σ_γ étant deux suites distinctes quelconques appartenant à M, et δ le rang du premier chiffre non commun aux deux : ou bien $\delta < \beta$ et $\delta < \gamma$, et alors le $\delta^{\text{ième}}$ chiffre étant 0 dans l'une des suites, 1 dans l'autre, celle-là sera regardée comme antérieure à celle-ci; ou bien $\delta =$ soit β, soit γ, et si, par exemple $\delta = \gamma$, σ_β est un segment de σ_γ, σ_β sera regardée comme antérieure à σ_γ.

Je dis que $\overline{\overline{M}} = \overline{\overline{E}}$. En effet, pour β déterminé, $\overline{\overline{M_\beta}} = 2^\chi$, si $\chi = \overline{\overline{S(\beta, O)}}$. Mais 2^χ (fini avec χ) est, pour χ infini, la puissance immédiatement supérieure à χ (proposition III). D'après $\chi < \varpi_\lambda$, $2^\chi \leqq \varpi_\lambda$; $M = \Sigma M_\beta$ est la réunion, de puissance $\varpi_\lambda = \overline{\overline{S(\omega_\lambda, O)}}$, d'ensembles M_β de puissance au plus égale à ϖ_λ. D'après la proposition II, $\overline{\overline{M}} = \varpi_\lambda$. Donc E, ayant même puissance que M, peut être ordonné comme M.

Or, chaque suite Σ de type $S(\omega_\lambda, O)$ composée uniquement de chiffres 0 et 1 (non tous égaux à 0 à partir d'un certain rang) partage M en deux sections, l'une commençante $S(\Sigma, M)$, l'autre finissante $S'(\Sigma, M)$, formées respectivement des suites σ antérieures et des suites σ ultérieures, alphabétiquement, à Σ. Deux suites Σ, Σ' différentes, donc présentant pour un premier rang $\beta < \omega_\lambda$ deux chiffres différents, sont séparées par une infinité (de puissance ϖ_λ) de suites σ de M. Donc à deux suites Σ, Σ' distinctes correspondent deux sections finissantes $S'(\Sigma, M)$, $S'(\Sigma', M)$ (et aussi deux sections commençantes) distinctes. L'ensemble des sections finissantes de E ordonné semblablement à M a donc la puissance $2^{\varpi_\lambda} = \varpi_{\lambda+1} > \overline{\overline{E}}$.

Par exemple, si E est dénombrable, on se trouve considérer les fractions dyadiques $(2h-1)/2^n$ $(h = 1, 2, \ldots, 2^n)$, ordonnées entre elles dans le sens de la croissance, et dont l'ensemble, dénombrable, admet l'infinité continue de sections commençantes bornées inférieurement par un nombre irrationnel ou par un nombre rationnel dyadique.

GÉODÉSIE. — *Sur le calcul des corrections de réfraction géodésique.* Note de M. Ernest Esclangon.

La détermination, en géodésie, de l'effet de réfraction atmosphérique comporte, dans les mesures de hauteurs angulaires, de grandes difficultés, en raison du fait que les rayons lumineux, faisant l'objet des visées optiques, cheminent uniquement dans la basse atmosphère, laquelle est le siége d'irrégu-

larités de toutes sortes. C'est une des principales causes d'imprécision dans la détermination trigonométrique des altitudes.

Malgré leur relative incertitude, tenant à ces irrégularités même, il reste indispensable, en géodésie, d'effectuer des corrections de réfraction dans les mesures de distances zénitales. On ne peut évidemment y parvenir qu'en basant le calcul sur l'hypothèse de couches atmosphériques concentriques, centrées sur le centre de la Terre, hypothèse répondant à des conditions moyennes, mais avec des écarts éventuels très importants.

Soit A une station d'observation, d'où l'on vise un autre point B, sous la distance zénitale apparente ζ_0. Le rayon lumineux allant de B à A suit un chemin courbe. L'angle v des tangentes AT, BT′ en A et B au rayon, constitue la *réfraction géodésique*, c'est-à-dire la déviation de la direction du rayon lumineux entre B et A. Lorsque le point B est à l'infini, l'angle v représente alors la *réfraction astronomique*.

Ce qui intéresse le géodésien, c'est non pas l'angle v, mais l'angle u que fait la direction de la droite AB avec la tangente AT en A qui définit la direction de visée; l'angle u représente en effet la correction à effectuer sur la distance zénitale apparente mesurée, pour obtenir la direction géométrique AB telle qu'elle serait observée s'il n'y avait pas d'atmosphère. Si le point B est à l'infini (cas de l'observation des astres), u et v se confondent avec la réfraction astronomique R, correspondant à la distance zénitale ζ_0.

Or, l'angle v est assez facilement calculable. J'ai montré (1) qu'une méthode simple était la suivante. Si l'on appelle n_0 et n les indices de réfraction aux points A et B, r_0 le rayon terrestre (au point A), μ un coefficient numérique déterminé (2), ζ_0 la distance zénitale apparente en A (angle de AT avec la verticale), on pouvait écrire

$$v = 2\mu n_0 r_0 \sin\zeta_0[(n_0 - 1)\psi(t_0) - (n - 1)\psi(t)], \tag{1}$$

où $\psi(t)$ désigne la fonction bien connue, traduite en tables (3),

$$\psi(t) = e^{t^2}\int_t^{+\infty} e^{-t^2}\,dt, \tag{2}$$

avec, ici,

$$t_0 = \mu n_0 r_0 \cos\zeta_0, \qquad t = \pm\sqrt{t_0^2 + \mathrm{L}\frac{n_0 - 1}{n - 1}}. \tag{3}$$

La formule est valable pour toutes les distances zénitales, même supérieures à 90°; le signe à prendre devant le radical étant le signe + ou — suivant, qu'en B (dans le sens AB), le rayon s'éloigne ou se rapproche du centre de la

(1) *Comptes rendus*, 216, 1943, pp. 100 et 137.

(2) Le coefficient μ est voisin de 1/310, r_0 étant exprimé en kilomètres.

(3) Notamment par Radau, *Annales de l'Observatoire de Paris*, 18, 1885 (Mémoires).

Terre. Le calcul de l'angle v est donc aisé. En faisant $n = 1$, on obtient la *réfraction astronomique*.

Pour le calcul de l'angle u, correction de *réfraction géodésique*, remarquons que si l'on appelle i l'angle en B, de la tangente BT′ avec le rayon vecteur $BC = r$ joignant B au centre C de la Terre, la distance de celui-ci à la tangente BT′ est égale à $r \sin i = (nr \sin i)/n$ et, d'après la relation fondamentale, vérifiée en tout point du rayon lumineux, $nr \sin i = \text{const.} = n_0 r_0 \sin\zeta_0$, on voit que cette distance est égale à $(n_0 r_0 \sin\zeta_0)/n$. Elle est donc connue si l'on connaît l'indice n en B. L'angle v étant connu, la tangente BT′ est ainsi déterminée en position. La distance Δ du point A, à cette même tangente (en B), devient également connue, égale à

$$\Delta = \frac{r_0}{n}\left(n_0 \sin\zeta_0 - n \sin(\zeta_0 + v)\right). \tag{4}$$

Or, l'angle $v - u$ est l'angle des deux droites BT′ et BA. Si l'on appelle D *la distance* des points A et B, on a donc

$$\sin(v - u) = \frac{\Delta}{D}, \tag{5}$$

ou, comme l'angle $v - u$ est très petit,

$$u = v - \frac{\Delta}{D}. \tag{6}$$

Ce qui, par une formule rigoureuse, détermine u, *correction de réfraction géodésique*, si, comme il arrive généralement en géodésie, la distance D des points A et B est très approximativement connue. Aux courtes distances, l'angle u est d'ailleurs sensiblement égal à $v/2$, ce qui revient à confondre, au voisinage de A, la trajectoire avec son cercle osculateur dont le rayon est de l'ordre de $30\,000 \sin\zeta_0/\text{km}$.

La distance Δ est habituellement très petite; l'expression (4), toujours positive, ne dépassant en aucun cas 2^{km}. Dans le cas des observations géodésiques, sa valeur est facilement obtenue avec précision, surtout si l'on a pu déterminer directement l'indice n en B, au moyen des données météorologiques recueillies en ce point. Comme $(\zeta_0 + v)$ n'est jamais ici très éloigné de $90°$, une légère erreur sur v reste sans influence.

Théoriquement, la distance $D = AB$ pourrait être obtenue en fonction de v, mais son expression, au moyen de cette variable, est très compliquée; serait-elle simple, d'ailleurs, que la connaissance de D par voie géodésique reste beaucoup plus sûre parce que indépendante de toute liaison avec la trajectoire atmosphérique.

Si l'on posait $\theta = \operatorname{tg} v$, les coordonnées x et y d'un point quelconque de la trajectoire lumineuse, dans un système d'axes ayant le point A comme origine (l'axe Ax étant la tangente AT par exemple), se mettraient sous la forme

$$x = F'(\theta), \qquad y = \theta F'(\theta) - F(\theta), \tag{7}$$

d'où

$$\text{(8)} \qquad \operatorname{tg} u = \frac{y}{x} = \theta - \frac{F(\theta)}{F'(\theta)} \qquad \text{ou} \qquad \operatorname{tg} u = \operatorname{tg} v - \frac{F(\theta)}{F'(\theta)}.$$

La fonction de $\operatorname{tg} v$, $F(\theta)/F'(\theta)$, égale à zéro pour $v = 0$ et $v = R$ (réfraction astronomique), peut se prêter à divers développements en série.

Mais la formation de la fonction $F(\theta)$ est extrêmement compliquée. Toutefois, par voie en quelque sorte empirique, on peut, par cette méthode, exprimer la correction u de réfraction géodésique sous la forme

$$\text{(9)} \qquad \frac{u}{R} = \frac{1}{2}\frac{v}{R} - \alpha\left(\frac{v}{R}\right)^2 + \beta\left(\frac{v}{R}\right)^3 - \gamma\left(\frac{v}{R}\right)^4 + \ldots,$$

série convergente si v/R reste inférieur à $1/3$ pour $\zeta_0 = 90°$, l'étendue de la convergence augmentant d'ailleurs avec la hauteur apparente angulaire; α, β, γ sont des coefficients numériques dépendants de ζ_0, mais indépendants des facteurs météorologiques, c'est-à-dire de $(n_0 - 1)$; R désigne la réfraction astronomique correspondant à la distance zénithale ζ_0, de sorte que

$$\text{(10)} \qquad \frac{v}{R} = 1 - \frac{n-1}{n_0-1}\,\frac{\psi(t)}{\psi(t_0)},$$

t et t_0 étant définis par les expressions (3); la valeur de R elle-même, figurant au premier membre de (9), pouvant être prise directement dans les tables des réfractions astronomiques.

Les valeurs des coefficients α, β, γ seraient approximativement données par le tableau suivant :

ζ_0 (° ′).	α.	β.	γ.	ζ_0 (° ′).	α.	β.	γ.
91........	0,352	0,97	0,79	87.30.....	0,211	0,52	0,45
90.30.....	0,314	0,84	0,69	87........	0,204	0,50	0,43
90........	0,285	0,74	0,61	86.30.....	0,199	0,48	0,42
89.30.....	0,264	0,67	0,56	86........	0,195	0,47	0,41
89........	0,247	0,62	0,52	85.30.....	0,191	0,46	0,41
88.30.....	0,232	0,57	0,49	85........	0,187	0,45	0,40
88........	0,220	0,54	0,47	84.30.....	0,184	0,44	0,40

GÉODÉSIE — *Déterminations de la pesanteur dans le Nord-Est et le Centre de la France.* Note de M. **Pierre Lejay**.

Le tableau suivant donne les valeurs de la pesanteur obtenues en 1945 et une partie des valeurs obtenues en 1946, à l'aide des gravimètres Holweck-Lejay nos 622 et 42. Les valeurs sont déduites des formules d'étalonnage précédemment utilisées, en adoptant pour base : Paris (Observatoire), $g = 980{,}944$. Au cours des campagnes, plusieurs rattachements avec le réseau de la France sud ont été tentés. D'après ces nouvelles liaisons, il semble que la valeur adoptée provisoirement pour Lyon ($g = 980{,}615$), valeur qui a servi de base pour nos campagnes 1941 à 1944, soit trop faible de 4 milligals. L'homogénéité du réseau devra être rétablie par une étude ultérieure des valeurs de base.

Station.	Longitude Est Greenwich.	Lat.	Alt.	Date.	g.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.
	° ′	° ′	mètres	1945	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals
Le Châtelard............	–	–		18 avril	980,622	–	–	–	–	–
Le Creusot..............	2.37,7	46.48,4	387	13 »	,693	980,813	980,769	980,792	+20	—23
Fontainebleau...........	2.41,8	48.24,1	77	16 »	,899	,923	,914	,936	—13	—22
Paris....................	–	–	–	25 »	,944	–	–	–	–	–
Bagneux.................	2.18,9	48.48,4	85	1er juin	,933	,960	,949	,972	—12	—22
Merlemont...............	2.10,2	49.23,5	97	3 »	,989	981,019	981,008	981,024	— 5	—16
Bagneux.................	–	–	–	15 »	,933	–	–	–	–	–
Œuilly..................	3.41,6	49.23,3	50	13 juill.	,996	981,011	,006	,024	—12	—18
Asfeld..................	4. 6,1	49.28,7	62	13 »	981,010	,044	,032	,033	+11	— 1
Rumigny.................	4.16,1	49.48,6	197	16 »	,021	,082	,059	,062	+20	— 2
Sévigny-la-Forêt.........	4.28,0	49.53,3	351	16 »	980,993	,104	,061	,069	+35	— 8
Lalobbe....	4.22,6	49.39,7	119	17 »	981,016	,053	,040	,048	+ 4	— 8
Poix-Terron.............	4.38,9	49.39,2	185	18 »	,002	,059	,038	,048	+11	— 9
Aiglemont...............	4.46,0	49.47,0	267	19 »	,002	,084	,054	,059	+25	— 5
Thilay..................	4.48,5	49.52,5	172	19 »	,023	,076	,056	,067	+ 8	—11
Charleville..............	4.43,5	49.46,4	148	19 »	,025	,070	,054	,058	+12	— 4
Douzy...................	5. 2,7	49.40,2	166	20 »	,012	,063	,045	,049	+14	— 4
Montmédy................	5.21,6	49.31,1	283	20 »	980,968	,056	,024	,035	+20	—11
Laneuville..............	5. 9,8	49.29,6	173	20 »	,989	,042	,023	,033	+ 9	—10
Buzancy.................	4.57,4	49.25,7	184	20 »	,971	,027	,007	,027	0	—20
Louziers................	4.42,4	49.23,8	111	20 »	,985	,019	,006	,025	— 5	—18
Louvergny...............	4.44,1	49.33,1	240	20 »	,977	,051	,024	,038	+12	—14
Lalobbe.................	4.22,6	49.39,7	120	21 »	981,017	,054	,040	,048	+ 5	— 8
Rethel..................	4.22,0	49.30,5	74	23 »	,009	,032	,023	,035	— 3	—11
Pont-Faverger...........	4.19,7	49.18,1	95	23 »	980,981	,010	,000	,016	— 6	—16
Auberive......	4.25,1	49.12,0	118	23 »	,967	,004	980,990	,007	— 3	—17
Les-Grandes-Loges.......	4.17,6	49. 3,9	102	23 »	,955	980,986	,975	980,995	— 9	—20
Reims...................	4. 2,1	49.15,3	93	24 »	,975	981,004	,993	981,012	— 8	—19
Épernay.................	3.57,6	49. 2,8	74	24 »	,956	980,979	,971	980,993	—14	—22
Mareuil-en-Brie..........	3.45,2	48.57,6	215	24 »	,918	,985	,960	,986	— 1	—25
Montmirail..............	3.32,3	48.52,2	187	24 »	,924	,982	,961	,978	+ 4	—17
Rebais..................	3.14,0	48.50,9	149	24 »	,929	,975	,958	,976	— 0	—17
Couilly.................	2.51,7	48.53,1	61	24 »	,941	,960	,953	,979	—19	—26
Bagneux.................	–	–	–	26 »	,933	–	–	–	–	–
*Charny.................	3. 5,7	47.52,7	139	12 août	,839	,882	,866	,889	+ 6	—22
*Courson................	3.30,0	47.36,8	224	12 »	,797	,866	,841	,865	+ 1	—23
*Corbigny...............	3.41,6	47.15,5	202	12 »	,754	,817	,794	,833	—16	—39
*Le Creusot.............	2.37,7	46.48,4	387	13 »	,695	,815	,771	,792	+22	—21
St-Gengoux..............	4.39,9	46.36,9	237	14 »	,710	,783	,756	,775	+ 8	—18
Le Châtelard............	–	–	–	17 »	,622	–	–	–	–	–
Bagneux.................	–	–	–	20 sept.	,933	–	–	–	–	–
Paris....................	–	–	–	21 »	,944	–	–	–	–	–
Mareuil-sur-Ourcq........	3. 4,9	49. 8,3	61	25 »	,968	,987	,980	981,001	—14	—21
Soissons................	3.19,6	49.22,6	58	25 »	,992	981,010	981,003	,023	—13	—19
				1946.						
**Bagneux...............	–	–	–	21 juin	,932	–	–	–	–	–
Mondésir................	2. 6,7	48.22,4	149	24 »	,875	,921	,904	,933	—12	—29
Chateau-Gaillard.........	1.54,2	48. 8,5	135	24 »	,857	,899	,884	,912	—13	—28
Orléans.................	1.54,6	47.54,2	112	24 »	,840	,874	,862	,891	—16	—29
Baugency.......	1.38,2	47.46,7	94	24 »	,830	,859	,849	,880	—20	—31
Blois...................	1.19,8	47.35,2	94	25 »	,820	,849	,838	,862	—13	—24
Chenonceaux.............	1. 4,0	47.19,8	61	25 »	,814	,833	,826	,839	— 6	—13
Selles..................	1.33,6	47.16,3	78	25 »	,805	,829	,821	,834	— 4	—13
Baudres.................	1.36,4	47. 2,6	190	26 »	,740	,799	,777	,813	—14	—36
Châteauroux.............	1.41,1	46.48,8	144	26 »	,753	,791	,781	,793	— 1	—12
Reboursin...............	1.49,3	46. 6,3	115	26 »	,770	,805	,792	,819	—13	—26

* Les stations marquées d'un astérisque ont été occupées deux fois.

** Pilier à 4m plus haut que le pilier précédemment utilisé.

Station.	Longitude Est Greenwich.	Lat.	Alt.	Date.	g.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.
	° ′	° ′	mètres	1945	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals
Millançay	1.46,7	46.27,1	102	26 »	980,808	981,840	981,828	980,850	−10	−22
La Motte-Breuvon	2. 2,2	46,36,1	117	27 »	,819	,855	,842	,864	− 8	−22
Aubigny	2.26,9	46.29,4	188	27 »	,794	,852	,830	,854	− 2	−23
Dampierre	2.31,1	46.45,7	143	27 »	,832	,876	,860	,878	− 2	−18
Montargis	2.44,1	48. 0,1	84	27 »	,859	,883	,876	,900	−16	−24
Châteauneuf	2.13,2	47.51,8	120	28 »	,842	,879	,865	,887	− 8	−22
Chambon-la-Forêt	2.15,6	48. 1,5	136	28 »	,850	,892	,877	,902	− 9	−25
Pithiviers	2.15,4	48.10,0	102	28 »	,869	,900	,889	,914	−14	−25
Malesherbes	2.24,4	48.17,4	112	28 »	,881	,915	,903	,926	−10	−23
Bagneux	–	–	–	1er juill.	,932	–	–	–	–	–
Mareuil-en-Dole	3.33,4	49.14,7	133	2 »	,964	981,005	,990	981,011	− 6	−21
Clairfontaine	3.58,6	49.57,8	227	2 »	981,020	,090	981,064	,075	+14	−11
Guise	3.38,0	49.53,9	99	2 »	,039	,070	,058	,070	0	−11
St-Quentin	3.17,6	49.50,9	102	2 »	,030	,061	,050	,065	− 3	−15
Ham	3. 4,4	49.45,1	64	2 »	,030	,050	,043	,056	− 6	−13
Noyon	3. 0,1	49.34,9	48	2 »	,023	,038	,033	,041	− 3	− 8
Bagneux	–	–	–	4 »	–	–	–	–	–	–
Marly	2. 5,5	48.52,1	138	7 »	980,926	,968	,953	980,977	− 9	−24
Les Essarts	1.53,5	48.43,4	173	10 »	,898	,951	,932	,964	−13	−32
Sonchamp	1.52,7	48.34,6	134	10 »	,894	,936	,920	,951	−15	−31
Ville-Louvette	2.11,9	48.34,6	56	10 »	,904	,921	,915	,951	−30	−36
Tigery	2.30,5	48.38,4	84	10 »	,899	,925	,915	,957	−32	−41
Bagneux	–	–	–	12 »	–	–	–	–	–	–
St-Clair-sur-Epte	1.40,9	49.12,4	46	25 »	,977	,991	,986	981,008	−17	−22
Lyons	1.28,5	49.24,0	103	25 »	,980	981,012	981,000	,025	−13	−25
Forges	1.32,5	49.37,0	165	25 »	980,993	981,044	981,025	981,044	− 0	−19
Dieppe	1. 0,4	49.55,4	17	27 »	981,061	,066	,064	,072	− 5	− 7
St-Saens	1.17,1	49.40,4	100	27 »	,008	,039	,028	,049	−10	−21
Mesnières	1.22,8	49.45,8	72	27 »	,034	,056	,048	,057	− 1	− 9
Fresnoy	1.25,9	49.53,4	191	27 »	,016	,075	,053	,069	+ 6	−15
Le Tréport	1.22,1	50. 3,7	10	28 »	,073	,076	,075	,084	− 8	− 9
Rue	1.40,1	50.16,4	9	30 »	,084	,087	,086	,103	−16	−17
Auxi	2. 7,5	50.13,9	40	30 »	,068	,080	,076	,099	−19	−23
L'Étoile	2. 1,6	50. 1,2	16	30 »	,066	,071	,069	,080	− 9	−11
Oisemont	1.46,0	49.57,4	122	30 »	,041	,079	,065	,075	+ 4	− 9
Le Tréport	1.22,1	50. 3,7	10	4 août	,074	,077	,076	,084	− 6	− 7
Aumale	1.45,2	49.46,1	134	5 »	,029	,070	,055	,058	+12	− 3
Moliens	1.48,7	49.40,0	215	5 »	980,999	,065	,041	,049	+16	− 8
Marseille	1.57,3	49.34,6	121	5 »	981,000	,038	,024	,041	− 3	−17
Le Vauroux	1.55,6	49.22,6	199	5 »	980,953	,014	980,992	,023	− 8	−21
Méru	2. 8,1	49.14,2	92	5 »	,954	980,983	,972	,010	−27	−38
Bagneux	–	–	–	5 »	,932	–	–	–	–	–

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la clarté d'une lunette pour les étoiles et l'expression de la magnitude limite*. Note (¹) de M. **Louis Roy**.

On sait que la clarté d'une lunette pour les étoiles, définie comme le rapport du flux lumineux envoyé par une étoile et pénétrant dans l'œil au sortir de la lunette au flux correspondant dans la vision à l'œil nu, a pour expression

$$C = \mu G^2, \qquad \text{avec} \quad G = \frac{D}{d}, \tag{1}$$

(¹) Séance du 9 avril 1947.

μ étant le facteur de transmission et G le grossissement équipupillaire, rapport des ouvertures D et d de la lunette et de la pupille. D'autre part, la diminution de magnitude obtenue, en passant de la vision à l'œil nu à la vision à la lunette d'une même étoile, étant

$$\Delta m = 2{,}5\, lg\mathrm{C}, \tag{2}$$

il en résulterait que cette diminution est indépendante du grossissement g utilisé, ce qui n'est pas.

Pour rendre compte de ce fait d'observation qu'au delà d'une certaine valeur g_1 de g, nettement supérieure au grossissement résolvant D/2, D étant exprimé en millimètres, le passage de g à $1{,}6g$ entraîne la perte d'une magnitude, MM. Danjon et Couder [1] substituent à la clarté C son produit par $(g_1/g)^2$; d'où il résulte, d'après (2), qu'on a

$$m - m' = 5\, lg\frac{g'}{g}, \tag{3}$$

m et m' étant les magnitudes limites pour l'ouverture D employée avec les grossissements g et g' au moins égaux à g_1; d'où $m - m' = 1$, pour $g' = 1{,}6g$.

Le but de cette Note est de montrer qu'on arrive au même résultat (3) et à l'expression de m en fonction de D et de g pour $g \geqq g_1$, mais d'une manière peut-être plus satisfaisante, en substituant l'éclairement au flux lumineux, ainsi qu'on le fait pour la définition de la clarté dans le cas d'objets d'étendue sensible et même pour les planètes. Et cependant une planète, dont le diamètre apparent est le plus souvent très inférieur à 1′, apparaît à l'œil nu comme un simple point lumineux.

Considérons donc les deux images rétiniennes provenant d'une même étoile d'éclat E, observée à la lunette et à l'œil nu; y étant l'ordonnée en un point du solide de diffraction, d'axe Oy issu de sa base et de hauteur 1, les éclairements en deux points homologues de ces images, c'est-à-dire de même abscisse radiale

$$x = \pi\frac{\mathrm{D}}{\lambda}\frac{r}{\mathrm{F}} = \pi\frac{d}{\lambda}\frac{\rho}{\varphi},$$

λ étant la longueur d'onde de la radiation la plus sensible à l'œil, F et φ les distances focales de la lunette et de l'œil, r et ρ les distances des deux points homologues au centre de chaque image, ont pour expressions

$$\mathcal{E} = \mu_0\frac{\mathrm{KED}^4}{\mathrm{F}^2}y.\mu_1\left(\frac{f}{\varphi}\right)^2 = \mu\frac{\mathrm{KED}^4}{g^2\varphi^2}y, \qquad e = \frac{\mathrm{KE}d^4}{\varphi^2}y, \tag{4}$$

K étant une constante, μ_0 et μ_1 les facteurs de transmission à travers l'objectif et l'oculaire, dont le produit μ est le facteur de transmission total, f la distance

(1) *Lunettes et télescopes*, Paris, 1935, p. 39.

focale de l'oculaire, $g = F/f$ le grossissement utilisé. Le premier facteur du premier second membre est l'éclairement au point (x, y) du plan focal et le second facteur suppose, pour simplifier, l'oculaire mis au point pour l'accommodation à l'infini, ce qui est le cas usuel. D'où le rapport

$$\Gamma = \frac{\mathcal{E}}{e} = \mu \frac{D^4}{d^4 g^2} = C\left(\frac{G}{g}\right)^2, \tag{5}$$

d'après (1), qui se substitue ainsi naturellement à la clarté C quand on passe du rapport des flux à celui des éclairements, En particulier

$$\Gamma = C, \quad \text{pour} \quad g = G,$$

circonstance due à ce que les deux images rétiniennes ont alors mêmes dimensions, en ce sens qu'il en est ainsi de leurs anneaux noirs successifs. On voit que l'expression (5) correspond à la nouvelle expression de la clarté adoptée par MM. Danjon et Couder, sauf que g, reçoit ici la valeur G au moins trois fois plus petite.

Malgré cette circonstance, les formules (4) et (5) redonnent la relation (3). Tout d'abord, il résulte de (4) et (5) que l'étoile d'éclat E, vue à la lunette, apparaît comme une étoile d'éclat ΓE vue à l'œil nu, ce qui conduit à la formule (2), où C est remplacé par Γ, puis à (3).

Considérons enfin deux étoiles d'éclat E, E' et de magnitudes m, m', respectivement à la limite de visibilité dans deux lunettes de caractéristiques D, g, μ; D', g', μ'. Si l'on admet qu'il en est ainsi lorsque les éclairements des deux images rétiniennes ont atteint un même minimum, il vient, d'après la première (4),

$$\mu \frac{ED^4}{g^2} = \mu' \frac{E'D'^4}{g'^2},$$

de sorte que la loi de Pogson

$$m - m' = 2{,}5 \, lg \frac{E'}{E}$$

donne

$$m - m' = 2{,}5 \log\left[\frac{\mu}{\mu'}\left(\frac{g'}{g}\right)^2\left(\frac{D}{D'}\right)^4\right]. \tag{6}$$

En particulier, pour

$$\frac{g}{D} = \frac{g'}{D'}, \tag{7}$$

la relation (6) coïncide avec celle bien connue qu'on obtient en égalant les flux lumineux à travers les deux instruments, et cette coïncidence résulte de ce fait que la condition (7) exprime que les deux images rétiniennes ont alors mêmes dimensions.

Si, par exemple, on admet qu'on a $\mu = \mu'$ et $m' = 12$, pour $D' = 100^{mm}$, $g' = 100$, la relation (6) devient

$$m = 2 + 5 \log \frac{D^2}{g},$$

D étant exprimé en millimètres; cette expression de la magnitude limite paraît conforme à l'observation pour $g \geqq D$, c'est-à-dire dès que la tache centrale de diffraction d'une étoile brillante devient nettement perceptible.

M. Maurice Caullery présente à l'Académie le fascicule I du tome 91 des *Proceedings of the American Philosophical Society*, contenant les exposés présentés à la réunion d'octobre 1946, où M. Julia et lui-même avaient été les délégués de l'Académie. Ces études sont groupées en trois symposia : 1° *Sur le rôle de l'Amérique dans le développement de la Science;* 2° *Sur les tendances présentes et les problèmes scientifiques d'ordre international;* 3° *Sur les problèmes d'organisation de la coopération scientifique internationale.* A ces trois symposia est joint un discours de Sir Henry Dale sur la *Liberté de la Science* (Pilgrim Trust Lecture). Cet ensemble montre l'ampleur et la coordination du programme établi pour cette réunion et l'efficacité de son organisation.

NOMINATIONS.

MM. Camille Gutton et René Barthelemy sont désignés pour représenter l'Académie au *Congrès international pour le Cinquantenaire de la découverte marconienne de la Radio*, qui aura lieu à Rome, du 28 septembre au 5 octobre 1947.

PLIS CACHETÉS.

M. Georges-Gaston Bory demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 4 mars 1940 et enregistré sous le n° 11670.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient un Mémoire intitulé : *Le canon et la mécanique fluide. Balistique intérieure et intermédiaire.*

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Supplément à la Flore générale de l'Indochine*, publiée sous la direction de H. Humbert. Tome premier. Fascicule 5 : *Balsaminacées (fin)*, par Mme Tardieu-Blot. *Rutacées*, par André Guillaumin; *Simaroubacées, Irvingiacées, Ochnacées*, par François Gagnepain; *Burséracées*, par André Guillaumin; *Méliacées*, par François Pellegrin.

2° Marcel Boll. *Tables numériques universelles.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions indéfiniment dérivables sur une demi-droite.* Note de M. **Szolem Mandelbrojt**, présentée par M. Paul Montel.

Les inégalités que nous avons démontrées dans une Note précédente [1] permettent d'établir un théorème sur les fonctions indéfiniment dérivables sur l'intervalle $(0, \infty)$, beaucoup plus général que ceux que j'ai démontrés dans mes travaux antérieurs.

Soient $\{q_n\}$ une suite d'entiers positifs, $N(q)$ la fonction de distribution de $\{q_n\}$ $\left(N(q)=0 \text{ pour } 0<q\leqq q_1,\ N(q)=n \text{ pour } n<q\leqq n+1\right)$ et $D(q)=N(q)/q$ la fonction de densité de $\{q_n\}$. On pose

$$D^{\bullet}(q)=\overline{\text{borne}}_{x\geqq q}\, D(x),$$

c'est la fonction de densité supérieure de $\{q_n\}$. La quantité $D^{\bullet}=\overline{\lim}\, D(q)$ est la densité supérieure de la suite. Soit $f(x)$ une fonction indéfiniment dérivable sur $I\equiv(0, \infty)$, bornée, ainsi que chacune de ses dérivées sur I. Soit

$$m_n=\overline{\text{borne}}\,|f^{(n)}(x)| \qquad (x\in I).$$

La fonction $C_f(\sigma)=\overline{\text{borne}}_{n\geqq 1}(n\sigma-\log m_n)$ sera appelée le caractère de f.

THÉORÈME. — *Soit $f(x)$ une fonction indéfiniment dérivable sur* I, *bornée, ainsi que chacune de ses dérivées, sur* I. *Soit $\{\nu_n\}$ une suite d'entiers non négatifs, avec $\nu_1=0$, la suite $\{q_n\}$ d'entiers positifs complémentaires de la suite $\{\nu_n\}$ étant de densité supérieure $D^{\bullet}<1/2$, et supposons que*

$$f^{(\nu_n)}(0)=0 \qquad (n\geqq 1). \tag{1}$$

En désignant par $D^{\bullet}(q)$ la fonction de densité supérieure de $\{q_n\}$, et par $C_f(\sigma)$ le caractère de f, supposons que

$$\int^{\infty} C_f(\sigma)\, e^{-\int^{\sigma}\frac{du}{1-2D^{\bullet}(C_f(u))}}\, d\sigma=\infty \quad [2]. \tag{2}$$

Dans ces conditions la fonction $f(x)$ est identiquement nulle.

La condition (2) peut être remplacée par la condition plus générale que voici : *Posons* $\nu(D)=\overline{\text{borne}}_{q>0}\int_0^{q}\left(D(x)-D\right)dx\ (D>D^{\bullet})$. *Il existe une fonction croissante* $C(\sigma)$ *et une fonction continue décroissante* $h(\sigma)$ *telles que* $\lim h(\sigma)=D^{\bullet}$

(1) Voir S. Mandelbrojt, *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 22-24.

(2) Nous écrirons $\int^{\sigma}$ ou $\int^{\infty}$ lorsque la limite inférieure du signe intégrale peut être prise arbitrairement grande (fixe).

et que

$$2\nu\big(h(\sigma)\big) - C_f(\sigma) < -C(\sigma),$$
$$\int^{\infty} C(\sigma)\, e^{-\int^{\sigma} \frac{du}{1-2h(u)}}\, d\sigma = \infty.$$

Le théorème qui suit montre que le théorème qu'on vient d'énoncer ne peut pas être amélioré très profondément. Soit $R(\sigma)$, $(\sigma \in I)$ une fonction bornée inférieurement. Il existe une fonction $\varphi(\sigma)$, convexe dans I, jouissant des propriétés suivantes : $\varphi(\sigma) \leqq R(\sigma)$, $(\sigma \in I)$, et, quelle que soit la fonction convexe $\psi(\sigma)$ telle que $\psi(\sigma) \leqq R(\sigma)$, $(\sigma \in I)$, on ait $\psi(\sigma) \leqq \varphi(\sigma)$. On écrira $\varphi(\sigma) = cnv\, R(\sigma)$.

Théorème. — *Soit* $\{\nu_n\}$ *une suite d'entiers non négatifs, avec* $\nu_1 = 0$, *et soit* $\{q_n\}$ *la suite d'entiers positifs complémentaires de la suite* $\{\nu_n\}$. *Soit* $N(q)$ *la fonction de distribution de* $\{q_n\}$.

Il existe une fonction $f(x)$, *non identiquement nulle, indéfiniment dérivable sur* $I \equiv (0, \infty)$, *bornée, ainsi que chacune de ses dérivées sur* I, *telle que* $f^{(\nu_n)}(0) = 0\, (n \geqq 1)$, *et telle que, en désignant par* $C_f(\sigma)$ *son caractère, on ait, pour* σ *suffisamment grand,*

$$C_f(\sigma) \geqq A\, cnv\, N(e^{\sigma}),$$

où A *est une constante positive.*

Voici un exemple montrant le rapport qui existe entre les deux théorèmes énoncés. Soit $f(x)$, $(x \in I)$ une fonction indéfiniment dérivable, bornée, ainsi que ses dérivées sur I, et supposons que $C_f(\sigma) > c\, e^{\sigma} (c > 0)$. Si $f^{(\nu_n)}(0) = 0$, avec $q_n > an \log n (a > 2)$($\{q_n\}$ étant la suite complémentaire de la suite $\{\nu_n\}$), on a $f(x) \equiv 0$. Ceci résulte du premier théorème. Si, par contre, $q_n \sim dn \log n (0 < d < 1)$, il existe une fonction, non identiquement nulle, telle que $f^{(\nu_n)}(0) = 0$ et telle que $C_f(\sigma) > c\, e^{\sigma}/\sigma$, pour σ suffisamment grand.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une inégalité dans la théorie des fonctions bornées dans un anneau.* Note de M. **Zeev Nehari**.

Le but de la présente Note est d'établir le théorème suivant :

Théorème. — *Soit* $f(z)$ *une fonction holomorphe et uniforme dans l'anneau*

$$\rho^{\frac{1}{2}} < |z| < \rho^{-\frac{1}{2}} \qquad (0 < \rho < 1)$$

et soit $f'(\pm 1) = 0$ *et* $|f(z)| \leqq 1$ *dans cet anneau; alors*

$$\frac{|f'(z)|}{1 - |f(z)|^2} \leqq \frac{|\mathfrak{F}'(z)|}{1 - |\mathfrak{F}(z)|^2}, \tag{1}$$

où

$$\mathfrak{F}(z) = \sqrt{\rho}\, \frac{\prod_{0}^{\infty}(1 + \rho^{4n} z^{-2}) \prod_{1}^{\infty}(1 + \rho^{4n} z^{2})}{\prod_{1}^{\infty}(1 + \rho^{4n-2} z^{-2}) \prod_{1}^{\infty}(1 + \rho^{4n-2} z^{2})} = \sqrt{k}\, \mathrm{sn}\left\{ -i\vartheta_3^2 \log iz \right\},$$

la fonction elliptique sn u *possédant les périodes*

$$4k = 2\pi\mathfrak{I}_3^2(\rho^2) \quad et \quad 2ik' = -2i\log\rho\,\mathfrak{I}_3^2(\rho^2).$$

L'inégalité (1) *est la meilleure possible,* $\mathcal{F}(z)$ *satisfaisant à toutes les hypothèses.*

Pour la démonstration, nous nous servirons d'une méthode due à M. Ahlfors [1] utilisant les propriétés des fonctions sous-harmoniques. Remarquons d'abord que la fonction $w = \mathcal{F}(z)$ — comme on le vérifie sans difficulté à l'aide des propriétés bien connues de $w = \mathrm{sn}\,u$ — représente l'anneau $\rho^{1/2} < |z| < \rho^{-1/2}$ conformément sur une surface de Riemann R composée de deux feuillets, tous les deux couvrant complètement le cercle $|w| < 1$. R possède deux points de ramification du premier ordre aux points $w = \pm k$, qui correspondent aux points $z = \pm 1$ dans l'anneau.

Définissons maintenant les deux fonctions u et v par

$$(2) \qquad u = \log\frac{|f'(z)|}{1-|f(z)|^2}, \qquad v = \log\frac{r|\mathcal{F}'(z)|}{r^2-|\mathcal{F}(z)|^2} \qquad (\sqrt{k} < r < 1)$$

et désignons par S l'ensemble fermé des points z pour lesquels $|\mathcal{F}(z)| \leqq r$; évidemment, S n'a pas de points communs avec $|z| = \rho^{1/2}$ et $|z| = \rho^{-1/2}$, d'où l'on conclut que $f(z)$ est holomorphe dans S. Si z est dans S et si $f'(z)$ et $\mathcal{F}'(z)$ ne s'annulent pas, u et v satisfont aux équations différentielles

$$\Delta u = 4e^{2u}, \qquad \Delta v = 4e^{2v},$$

d'où

$$(3) \qquad \Delta(u-v) = 4(e^{2u} - e^{2v}).$$

$\mathcal{F}'(z)$ a des zéros simples aux points $z = \pm 1$; par hypothèse, $f'(\pm 1) = 0$. Par conséquent, si $z = \pm 1$ sont des points singuliers de $u - v$, ces singularités seront telles que $u - v$ tendra vers $-\infty$ pour $z \to \pm 1$. Puisque $\mathcal{F}'(z) \neq 0$ si $z \neq \pm 1$, $u - v$ n'a pas de singularités dans S, sauf les zéros de $f'(z)$ et, peut-être, les points $z = \pm 1$. Supposons maintenant qu'il existe un ensemble de points E dans S tel que $u > v$ lorsque z appartient à E. Les zéros de $f'(z)$ et les points $z = \pm 1$, s'ils sont des singularités, seront évidemment en dehors de E. Alors, $u - v$ n'aura aucune singularité dans E, et l'on y aura, en vertu de (3), $\Delta(u - v) > 0$; c'est-à-dire, la fonction $u - v$ sera sous-harmonique dans E. Par conséquent, $u - v$ n'a pas de maximum dans E et doit s'approcher de sa limite supérieure lorsque z tend vers la frontière de E. Mais E ne peut pas posséder de point frontière en commun avec S, puisque sur la frontière de S la fonction v devient positivement infinie; aux points frontière de E qui sont situés à l'intérieur de S, on a, par continuité, $u - v = 0$. L'hypothèse qu'il existe dans S des points pour lesquels $u > v$ conduit donc à une contradiction, et nous avons $u \leqq v$ pour tous les points de S.

---

[1] *Transactions of the American Mathematical Society*, 43, 1938.

Si r tend vers 1, S remplit tout l'anneau $\rho^{\frac{1}{2}} < |z| < \rho^{-\frac{1}{2}}$; en vue de (2) nous avons donc démontré (1) pour tout z dans ce domaine.

2. En donnant à z des valeurs particulières, on peut déduire de (1) beaucoup de détails concernant les fonctions $f(z)$; par exemple, pour $z = \pm i$ on obtient, en vertu de $\mathcal{F}(\pm i) = 0$, $|\mathcal{F}'(\pm i)| = \vartheta_2(\rho^2)\vartheta_3(\rho^2)$,

$$|f'(\pm i)| \leq \vartheta_2(\rho^2)\vartheta_3(\rho^2) = 2\sqrt{\rho}\prod_1^\infty(1-\rho^{2n})^2\prod_1^\infty(1+\rho^{2n})^4,$$

qui est une inégalité exacte.

Si l'on ajoute l'hypothèse $f(i) = 0$, (1) permet de démontrer que, pour $\rho^{\frac{1}{2}} < |z| < \rho^{-\frac{1}{2}}$, $\mathcal{R}\{z\} > 0$, $f(z)$ satisfait à l'inégalité

$$(4) \qquad |f(z)| \leq |\mathcal{F}(z)|.$$

En effet, en intégrant (1) le long d'une courbe joignant le point i au point z et sur laquelle l'argument de $\mathcal{F}(z)$ est constant — ce qui est évidemment possible pour tout point de l'anneau satisfaisant à $\mathcal{R}\{z\} > 0$ — et en observant que $d|f(z)| \leq |df(z)|$, on obtient

$$\frac{1}{2}\log\frac{1+|f(z)|}{1-|f(z)|} \leq \frac{1}{2}\log\frac{1+|\mathcal{F}(z)|}{1-|\mathcal{F}(z)|},$$

ce qui est équivalent à (4).

3. Le théorème énoncé ci-dessus peut être généralisé sans difficulté pour des domaines d'ordre de connexion quelconque. Si D est un domaine simple limité par n continus, nous désignons par $w = \mathcal{F}(z)$ la fonction analytique représentant D sur une surface de Riemann F composée de n feuillets couvrant le cercle $|w| < 1$ dont toutes les frontières coïncident avec $|w| = 1$. F a $2n-2$ points de ramification qui correspondent à $2n-2$ points $z_1, \ldots, z_{2n-2}$ dans D. Si la fonction $f(z)$ est holomorphe et si $|f(z)| \leq 1$ dans D et si

$$f'(z_\nu) = 0 \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, 2n-2),$$

alors le même raisonnement que dans le cas précédent nous conduit à l'inégalité (1). Cependant, il n'est pas possible de donner des résultats numériques dans le cas général, puisque pour $n > 2$ la fonction n'est connue explicitement pour aucun domaine canonique.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les représentations réelles des groupes topologiques abéliens.* Note [1] de M. **Jean Riss**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans une Note antérieure [2], nous nous sommes occupé des *représentations continues* des groupes topologiques abéliens dans le groupe additif des nombres

---

[1] Séance du 9 avril 1947.

[2] *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 987.

réels. Dans la présente Note, nous étudions le *prolongement* de telles représentations définies sur des sous-groupes et donnons des conditions nécessaires et suffisantes pour qu'une représentation soit un *homomorphisme*.

1. Soient f une représentation d'un sous-groupe H d'un groupe abélien G dans **R**, K(H) le *convexe topologique* de H. Si $x \in K(H)$, quel que soit le voisinage V de e dans G, il existe $h \in H$ et un entier $n > 0$ tels que $x^n \in hV^n$. Pour x et V donnés, considérons l'ensemble de ces relations et désignons par $A_V(x)$ l'ensemble correspondant des nombres $f(h)/n$; posons alors $A(x) = \bigcap_V \overline{A_V(x)}$ (1). On a alors :

a. $A(x) \neq \emptyset$, car dans la droite rendue *compacte* par l'adjonction d'un *point à l'infini*, les $A_V(x)$ forment une *base de filtre*.

b. $A(x^{-1}) = -A(x)$; $A(xy) = A(x) + A(y)$, d'où il résulte que $A(x) + A(x^{-1}) = A(e)$ et que $A(e) = \mathbf{R}$ ou $\{0\}$.

THÉORÈME 1. — *Pour que* $A(e) = \{0\}$, *il faut et il suffit que, quel que soit* $\varepsilon > 0$, *il existe un voisinage* V *de e dans* G *tel que, pour tout n, on ait* $|f(V^n \cap H)| < n\varepsilon$(2). *Dans ces conditions* $x \to A(x)$ *est une représentation continue de* K(H) *dans* **R** *et, si la représentation f de* H *dans* **R**, *donnée à l'avance, est effectivement prolongeable en une représentation continue de* G *dans* **R** [*auquel cas* (2) *est nécessaire*], *alors* $x \to A(x)$ *est la restriction à* K(H) *des divers prolongements possibles de f.*

2. Si $H = K(H)$, et si f est une représentation continue définie sur H, on *prolongera continûment* f à $H' = (\cup\{a, a^{-1}\})^\infty$ en posant $f(ha^n) = f(a) + n\omega$ où ω est une constante arbitraire.

3. On sait que toute *forme linéaire* sur un *espace vectoriel* E (sur le corps des nombres réels) est complètement déterminée (à un facteur constant près) par l'ensemble (*hyperplan*) des points où elle s'*annule* et, inversement. D'autre part, dans le cas d'un espace vectoriel E *localement convexe*, pour qu'une forme f sur E soit *continue*, il faut et il suffit que $\overset{-1}{f}(0)$ soit *fermé*.

Des exemples montrent qu'il en est autrement des représentations réelles des groupes abéliens : il peut exister une infinité de représentations différentes d'un groupe G, s'annulant sur un même sous-groupe de G, une partie de ces représentations pouvant être continues, sans qu'il en soit ainsi de toutes.

Ces singularités disparaissent quand on considère des *homomorphismes* : ceux-ci peuvent être caractérisés par l'ensemble des points où ils s'annulent. Pour le montrer, posons les définitions suivantes, où G désigne un groupe topologique abélien :

DÉFINITION 1. — *Un groupe* G *sera dit localement convexe si, quel que soit le voisinage* V *de e dans* G, *il exige un voisinage* W *de e tel que* $k(W) \subset V$.

Il existe alors un voisinage W' de e tel que $K(W') \subset V$.

DÉFINITION 2. — *Un sous-groupe* H *de* G *est dit convexe topologique maximal de* G *si* $K(H) = H$ *et si* $H \subset H'$ *entraîne* $K(H') = G$.

On a alors le

THÉORÈME 2. — *Pour qu'une représentation continue f du groupe G dans* **R** *soit un homomorphisme, il faut et il suffit que* $H = \overset{-1}{f}(O)$ *soit un convexe topologique maximal de* G *et que* G/H *soit un groupe cyclique discret ou un groupe non discret localement convexe. Inversement, si un sous-groupe* H *de* G *satisfait à ces conditions, il existe une représentation continue de* G *dans* **R** *et une seule, non identiquement nulle, s'annulant sur* H, *et c'est un homomorphisme.*

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur le groupe $\mathfrak{T}_\infty$ des tableaux infinis.*
Note de M. **Léo Kaloujnine**, présentée par M. Jacques Hadamard.

La présente Note est consacrée à quelques généralisations des notions et des résultats exposés dans mes Notes sur les p-groupes de Sylow du groupe symétrique du degré p^m (¹). Je conserve les notations de ces Notes.

Étant donné le groupe $\mathfrak{T}_m$ des tableaux du rang m et le groupe $\mathfrak{T}_s$ des tableaux de rangs $s < m$, je considère l'homomorphisme canonique $f_{s,m}$ du groupe $\mathfrak{T}_m$ sur $\mathfrak{T}_s$, qui applique le tableau $A_m = [a, a(X_1), \ldots, a(X_{m-1})] \in \mathfrak{T}_m$ sur le tableau $A_s = f_{s,m}(A_m) = [a, a(X_1), \ldots, a(X_{s-1})] \in \mathfrak{T}_s$. ($X_i$ représente le vecteur de coordonnées $x_1, x_2, \ldots, x_i$). Si $r < s < m$, on a $f_{r,m}(A_m) = f_{r,s}(f_{s,m}(A_m))$. Je forme la limite projective (²) des groupes $\mathfrak{T}_m$ à l'aide de ces homomorphismes et j'obtiens le groupe $\mathfrak{T}_\infty$ des tableaux infinis de la forme

$$A = [a, a(X_1), a(X_2), \ldots, ad_\infty].$$

Si $[A]_s = a(X_{s-1})$ désigne la $s^{\text{ième}}$ coordonnée de A, et si ${}^{A_{s-1}}X_{s-1}$ est le transformé de X_{s-1} par la transformation ${}^{A_{s-1}}x_i = x_i - a(X_{i-1})$, la loi de composition des tableaux infinis est $[AB]_s = a(X_{s-1}) + b({}^{A_{s-1}}X_{s-1})$. Cette loi généralise d'une manière naturelle celle de la composition des tableaux de rang fini. L'*indicatrice* $|A|$ d'un tableau est, par définition, la suite $|A| = \{|A|_1, |A|_2, \ldots\}$ où $|A|_s = h(a(X_{s-1})) = h([A]_s)$, et la *profondeur* du tableau A est le premier indice δ, tel que $|A|_{\delta+1} \neq 0$.

On prend comme système fondamental des voisinages de l'unité la suite des sous-groupes $\mathcal{O}_\delta$ des tableaux de profondeur $\geqq \delta$. On voit immédiatement que pour cette topologie le groupe $\mathfrak{T}_\infty$ est un groupe complet et compact.

Définissons, comme suit, un ordre (partiel) des indicatrices des tableaux : $|A| \leqq |B|$, si, et seulement si, pour tout $s = 1, 2, \ldots$, $|A|_s \leqq |B|_s$. $K = \{k_1, k_2, \ldots\}$ étant une suite d'entiers telle que $0 \leqq k_\sigma \leqq p^{\sigma-1}$, on définit le sous-groupe parallélotopique $\mathcal{R}$ d'indicatrice K comme l'ensemble des tableaux A tels que $|A| \leqq K$. On pose $|\mathcal{R}| = K$ et l'on appelle K l'indicatrice de $\mathcal{R}$. Les résultats

(¹) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 222; **222**, 1946, p. 1424; **223**, 1946, p. 703; **224**, 1947, p. 253.

(²) André Weil, *L'intégration dans les groupes topologiques*. Paris, 1940, p. 23.

exposés dans ma Note sur les sous-groupes parallélotopiques et les sous-groupes caractéristiques s'appliquent textuellement au cas du groupe $\mathfrak{T}_\infty$, à savoir : 1° Un groupe parallélotopique $\mathcal{R}$ de $\mathfrak{T}_\infty$ de profondeur δ est invariant dans $\mathfrak{T}_\infty$ si, et seulement si, pour tout σ $|\mathcal{R}|_\sigma \geq p^{\sigma-1} - p^\delta$. 2° L'ensemble des sous-groupes parallélotopiques et invariants coïncide avec l'ensemble des sous-groupes caractéristiques fermés de $\mathfrak{T}_\infty$.

$\mathfrak{T}_\infty$ possède une suite centrale descendante $\mathfrak{T}_\infty = \mathfrak{z}_0$ et $\mathfrak{z}_{r+1} = (\mathfrak{T}_\infty, \mathfrak{z}_r)$. $\mathfrak{z}_r$ est le sous-groupe parallélotopique et invariant de l'indicatrice

$$\{(1-r)^+, (p-r)^+, \ldots, (p^{\sigma-1}-r)^+, \ldots\}, \qquad \text{où } a^+ = \mathrm{Max}(a, 0).$$

Il est manifeste que l'intersection de tous les $\mathfrak{z}_r$ se réduit à l'unité. La suite centrale ascendante est absente.

Remarquons que $\mathfrak{T}_\infty$ possède une suite de sous-groupes dont les indices sont des puissances de p et dont l'intersection est l'unité. (Par exemple la suite des groupes $\mathcal{O}_\delta$.) Appelons p_∞-groupe, un groupe possédant une telle suite. On peut montrer que chaque p_∞-groupe est isomorphe à un sous-groupe de $\mathfrak{T}_\infty$.

A cet effet envisageons le groupe $\mathfrak{S}_{p^\infty}$ des isométries (considérées comme applications) de l'espace $\mathfrak{J}_p$ des entiers p-adiques ([3]), c'est-à-dire l'ensemble des applications $f(\alpha)$ de $\mathfrak{J}_p$ sur lui-même, telles que $|f(\alpha) - f(\beta)| = |\alpha - \beta|$. Désignons par $\mathfrak{N}_m$ l'ensemble de toutes les $f \in \mathfrak{S}_{p^\infty}$ telles que pour tout $\alpha \in \mathfrak{J}_p$ $f(\alpha) \equiv \alpha \pmod{p^m}$. $\mathfrak{N}_m$ est un sous-groupe invariant de $\mathfrak{S}_{p^\infty}$ d'indice fini et le groupe quotient $\mathfrak{S}_{p^\infty}/\mathfrak{N}_m$ est isomorphe au groupe symétrique du degré p^m. L'intersection de la suite $\mathfrak{N}_m (m = 0, 1, \ldots)$ se réduisant à l'unité, nous la considérons comme un système fondamental de voisinages de l'unité, introduisant ainsi une topologie dans le groupe $\mathfrak{S}_{p^\infty}$. On peut démontrer (en analogie avec les théorèmes de Sylow) que $\mathfrak{S}_{p^\infty}$ possède des p_∞-sous-groupes maximaux qui sont conjugués, donc isomorphes entre eux et que chaque sous-groupe fermé de $\mathfrak{S}_{p^\infty}$ qui est un p_∞-groupe est contenu dans un de ces sous-groupes maximaux. D'autre part, on vérifie que $\mathfrak{T}_\infty$ est précisément isomorphe à un tel p_∞-groupe maximal.

Soient maintenant $\mathcal{G}$ un p_∞-groupe et $\mathcal{G} = \mathcal{H}_0 \supset \mathcal{H}_1 \supset \ldots, \supset 1(\mathcal{G})$ une suite de sous-groupes dont l'intersection est l'unité et dont les indices dans $\mathcal{G}$ sont des puissances de p. On peut supposer, sans restreindre la généralité, que les $\mathcal{H}_r$ sont des sous-groupes invariants de $\mathcal{G}$. Considérons la suite des $\mathcal{H}_r$ comme un système fondamental de voisinages de l'unité. Si pour cette topologie le groupe $\mathcal{G}$ n'est pas complet, nous le complétons à la manière habituelle à l'aide des suites fondamentales. Soit $\overline{\mathcal{G}}$ le groupe complété : $\overline{\mathcal{G}}$ admet des représentations fidèles comme sous-groupe fermé de $\mathfrak{S}_{p^\infty}$. Donc $\overline{\mathcal{G}}$, et, par suite, $\mathcal{G}$, est isomorphe à un sous-groupe de $\mathfrak{T}_\infty$.

([3]) J'utilise des idées exposées par M. van Dantzig dans plusieurs mémoires, notamment dans *Zur topologischen Algebra III* (*Compositio Mathematica*, 3, 1936, p. 200).

$\mathfrak{T}_\infty$ est donc, en quelque sorte, un groupe universel pour les p_∞-groupes; car, étant donné un groupe contenant tous les p_∞-groupes, il doit également contenir $\mathfrak{T}_\infty$. Or, malheureusement, le type de $\mathfrak{T}_\infty$ n'est pas univoquement déterminé par cette condition. Il y a d'autres groupes ayant la même propriété. Le produit direct $\mathfrak{T}_\infty \times (p)$ de $\mathfrak{T}_\infty$ et du groupe cyclique d'ordre p est un groupe qui contient un groupe isomorphe à $\mathfrak{T}_\infty$ et, étant un p_∞-groupe, il est isomorphe à un sous-groupe de $\mathfrak{T}_\infty$. Or $\mathfrak{T}_\infty \times (p)$ possédant un centre de l'ordre p n'est pas isomorphe au groupe $\mathfrak{T}_\infty$, dont le centre se réduit à l'unité.

Il serait intéressant de savoir par quelles propriétés intrinsèques supplémentaires on pourrait complètement caractériser le groupe $\mathfrak{T}_\infty$.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les équations d'onde non linéaires de la théorie quantique de l'électron.* Note de M. **Bernard Kwal**.

1. Les difficultés de la mécanique ondulatoire sous sa forme actuelle sont bien connues et les divers essais, tentés en vue de les tourner, n'ont pas donné jusqu'ici le résultat escompté. Nous allons envisager une voie nouvelle, qui nécessite une modification à la fois du cadre mathématique et de certains principes physiques de la théorie. L'examen du schéma lagrangien, qui se trouve être à la base même de la mécanique ondulatoire, nous montre, en effet, qu'il s'en déduit en général une théorie *non linéaire*. Une des tâches de la recherche future consistera à dégager le principe physique nouveau, susceptible de préciser la forme du lagrangien en question dont on sait déjà qu'il doit nous redonner en première approximation les mécaniques ondulatoires linéaires de Schrödinger et de Dirac.

2. Considérons dans l'espace-temps un milieu continu où le champ est décrit au moyen des grandeurs spinorielles $\eta^\beta(x_{\alpha\beta})$ et de leurs dérivées $\mathcal{D}_{\alpha\beta}\eta^\beta$. Soit $L(\eta^\beta, \mathcal{D}_{\alpha\beta}\eta^\beta)$ une fonctionnelle scalaire. En admettant que les variations des fonctions η^β s'annulent aux frontières du domaine d'intégration, les équations de Lagrange, relatives au principe variationnel impliquant la fonction L, s'écrivent :

$$(1) \qquad \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \eta^\beta} - \sum_\alpha \mathcal{D}_{\alpha\beta} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial(\mathcal{D}_{\alpha\beta}\eta^\beta)} = 0.$$

Nous poserons

$$(2) \qquad \xi_\alpha = \mathcal{D}_{\alpha\beta}\eta^\beta,$$

qui sera une *équation de définition*, au même titre que le sont celles qui relient en électromagnétisme les champs aux potentiels. Nous définirons en outre, grâce aux relations suivantes

$$(3) \qquad \eta'_\beta = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \eta^\beta}, \qquad \xi'^\alpha = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \xi_\alpha},$$

une *fonction d'onde de polarisation*, qui va jouer dans notre théorie un rôle

analogue à celui joué par le champ de polarisation dans les théories électromagnétiques des milieux pondérables ou dans les électrodynamiques non linéaires de G. Mie et de M. Born.

Cela étant, les équations de Lagrange (1) nous fournissent les équations auxquelles obéissent les spineurs de polarisation et qui sont

$$(4) \qquad \eta'_\beta = \varpi_{\alpha\beta}\xi'^\alpha.$$

Les systèmes (2), (3) et (4) constituent les équations de base de la mécanique ondulatoire relativiste, en général non linéaire, de l'électron. La théorie linéaire, c'est-à-dire les équations de Dirac, s'obtient, en prenant comme lagrangien une fonction linéaire des invariants élémentaires, formés à l'aide des spineurs de champ, c'est-à-dire la fonction suivante

$$(5) \qquad \mathcal{L}_0 = \eta_\beta \eta'^\beta + \varkappa^2 (\varpi_{\alpha\beta_1}\eta'^{\beta_1})(\varpi^{\beta_2\alpha}\eta'_{\beta_2}).$$

A titre d'exemple, nous donnons ci-dessous un lagrangien, qui, en première approximation, redonne la théorie de Dirac et qui est construit en analogie avec celui de la théorie de Born

$$(6) \qquad \mathcal{L} = a^2\left[\left\{1 + \frac{2}{a^2}(\xi_\alpha + \eta_\alpha)(\xi^\alpha + \eta^\alpha) + \varkappa^2(\xi_\beta - \eta_\beta)(\xi^\beta - \eta^\beta)\right\}^{\frac{1}{2}} - 1\right],$$

et où $\xi^\beta - \eta^\beta$ représente la variable canonique.

3. A l'approximation newtonienne, le lagrangien $\mathcal{L}$ sera fonction de la grandeur de champ ψ^* et de ses dérivées $\partial_l\psi^*$. Des équations de Lagrange

$$(7) \qquad \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\psi^*} - \sum_{l=1,2,3,4} \frac{\partial}{\partial X_l}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial(\partial_l\psi^*)} = 0,$$

on tire les équations de Schrödinger, en considérant le lagrangien

$$(8) \qquad \mathcal{L}_0 = -\frac{h^2}{8\pi^2 m}\sum_{k=1,2,3}\left(\frac{\partial\psi}{\partial X_k}\right)\left(\frac{\partial\psi^*}{\partial X_k}\right) - \frac{h}{4\pi i}\left(\psi\frac{\partial\psi^*}{\partial t} - \psi^*\frac{\partial\psi}{\partial t}\right) - U\psi\psi^*$$

Le lagrangien suivant

$$(9) \qquad \mathcal{L} = a^2\left(\sqrt{1 + \frac{2}{a^2}\mathcal{L}_0} - 1\right)$$

donne naissance à l'équation d'onde non linéaire

$$(10) \qquad \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\psi}{\partial t} + \frac{h^2}{8\pi^2 m}\Delta\psi - U\psi = \frac{h^2}{8\pi^2 m}\sum_{k=1,2,3}\frac{\partial\psi}{\partial X_k}\frac{\partial}{\partial X_k}\log\sqrt{1 + \frac{2}{a^2}\mathcal{L}_0}$$
$$+ \frac{h}{4\pi i}\psi\frac{\partial}{\partial t}\log\sqrt{1 + \frac{2}{a^2}\mathcal{L}_0},$$

qui se réduit à celle de Schrödinger pour $a \to \infty$.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur le circuit en hélice utilisé dans le tube à ondes progressives.* Note (¹) de M. **Élie Roubine**.

Une hélice illimitée, inclinée de l'angle $\pi/2 - \alpha$ sur les génératrices d'un cylindre de révolution de rayon a sur lequel elle est tracée, est le siège d'une onde progressive de courant $\mathrm{I}e^{-jks}$ $(k = \omega/v)$, où s est l'abscisse curviligne sur l'hélice. ω est la pulsation du régime supposé sinusoïdal dans le temps et v la vitesse de l'onde le long du fil est supposée égale à celle des ondes électromagnétiques dans le milieu libre. Il est commode d'introduire la distribution auxiliaire de charges de densité linéique

$$q = \frac{1}{v} e^{-jks},$$

satisfaisant à la condition de continuité

$$\frac{d\,\mathrm{I}(s)}{ds} + j\omega q(s) = 0.$$

Des potentiels retardés

$$\mathrm{V} = \frac{1}{\varepsilon v}\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{-jk(r+s)}}{r}\,ds,$$

$$\vec{\mathrm{A}} = \mathrm{I}\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{-jk(r+s)}}{r}\,\vec{ds},$$

on déduit la composante axiale du champ électrique sur l'axe, composante qui joue un rôle essentiel dans la théorie du tube

$$\mathrm{E}_z = -\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial z} - j\omega\mu \mathrm{A}_z.$$

Il est possible d'obtenir l'expression exacte et explicite de E_z

$$\mathrm{E}_z = 2j\omega\mu \operatorname{cotg}^2\alpha\, \mathrm{I}\mathrm{K}_0(ka \operatorname{cotg}\alpha)\, e^{-j\frac{k}{\sin\alpha}z},$$

où K_0 est la fonction de Bessel modifiée de seconde espèce d'ordre zéro.

Le facteur de propagation $e^{-j(k/\sin\alpha)z}$ confirme que le champ se propage axialement avec la vitesse réduite $v\sin\alpha$.

En unités pratiques M.K.S., l'amplitude est donnée par

$$|\mathrm{E}_z| = 4\pi f 10^{-7} \operatorname{cotg}^2\alpha\ \mathrm{I}\ \mathrm{K}_0(2,09.10^{-8} fa \operatorname{cotg}\alpha) \quad \mathrm{V/m}.$$

La variation de cette amplitude lorsque l'un quelconque des paramètres f, α, a varie est immédiate. Ainsi elle montre un maximum pour la fréquence

$$f = 28,4 \frac{\operatorname{tg}\alpha}{a} \quad \mathrm{MH_z}$$

(¹) Séance du 9 avril 1947.

ou pour l'inclinaison α telle que

$$\mathrm{tg}\,\alpha = 1{,}35\,.\,10^{-3}/a.$$

Le calcul peut être repris dans l'hypothèse d'une vitesse v' le long du fil inférieur à la vitesse v des ondes libres; on trouve alors, en posant $k' = \omega/v'$,

$$E_z = 2j\omega\mu\left(\frac{k'}{k\sin^2\alpha} - 1\right)\mathrm{I}\,\mathrm{K}_0\left(a\sqrt{\frac{k'^2}{\sin^2\alpha} - k^2}\right)e^{-j\frac{k'}{\sin\alpha}z}.$$

ANALYSE ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'examen par diffraction électronique des surfaces obtenues par polissage électrolytique.* Note de M. **Jean-Jacques Trillat.**

La diffraction des électrons par des surfaces métalliques polies permet d'apporter d'importants renseignements sur la structure des couches situées au voisinage immédiat (quelques centaines d'angströms) de la surface libre du métal. En particulier, elle permet de montrer l'existence d'une couche amorphe provenant du travail de polissage, appelée couche de Beilby, et qui jouit de propriétés remarquables quant à l'adsorption et la lubrification (G. Finch, G. P. Thomson, Cochrane, Kirchner, Raether, etc.); les interprétations données sur la nature exacte de cette couche sont d'ailleurs encore assez contradictoires. Le polissage électrolytique, obtenu suivant les méthodes de Jacquet, a été étudié à ce point de vue par un certain nombre d'auteurs, utilisant principalement la diffraction d'électrons [1] et parfois la diffraction des rayons X [2].

Nous avons examiné des échantillons de fer pur, d'aluminium et de cuivre préparés par M. Rocquet, à partir de tôles minces préalablement abrasées par des papiers émeri 000 ou 0000, puis polies électrolytiquement soit au bain perchlorique acétique (Fe, Al), soit au bain phosphorique (Fe, Cu, Al). Les échantillons polis, soigneusement lavés à l'eau distillée et à l'alcool, ont été examinés sous incidence tangentielle au moyen d'un faisceau d'électrons de 40 kilovolts; la préparation, grâce à un dispositif permettant quatre mouvements dans le vide, pouvait être étudiée systématiquement en chaque point de sa surface, et de nombreux diagrammes étaient enregistrés en différentes régions.

Pour le fer témoin, simplement poli mécaniquement, on observe les halos caractéristiques attribués à la couche amorphe de Beilby. Après polissage électrolytique au bain perchlorique acétique, on n'observe ordinairement

---

(1) K. H. Moore, *Ann. de Phys.*, 33, 1938, p. 133; Kranert, Leise et Raether, *Zeit. f. Phys.*, 122, 1944, p. 248; E. J. Taboury, *Journées des États de surface*, 23, 1945, p. 40.

(2) J. Bernard, P. Lacombe et G. Chaudron, *Journées des États de surface*, 23, 1945, p. 44.

qu'une diffusion générale à laquelle se superpose parfois faiblement le diagramme de $Fe\alpha$ et d'oxyde. Le bain phosphorique donne le même résultat.

Pour l'aluminium, alors que le témoin ne donne que des halos de Beilby, le polissage en bain perchlorique acétique fait apparaître un diagramme assez flou d'alumine, superposé à une diffusion générale. En bain phosphorique au contraire, on obtient un intense diagramme d'aluminium présentant des orientations accentuées, dues sans doute à la structure même de la tôle laminée.

Pour le cuivre, le témoin ayant toujours une structure superficielle amorphe, le bain phosphorique ou bien conserve la structure amorphe, ou bien fait apparaître la structure microcristalline non orientée du cuivre, avec parfois la présence d'oxyde, ce qui confirme certains résultats de F. J. Taboury [1].

Le polissage électrolytique a donc pour effet général de faire disparaître plus ou moins complètement la couche de Beilby, suivant la durée de l'opération. Le métal sous-jacent réapparaît avec sa structure particulière, ainsi que les oxydes qui prennent naissance. La nature du bain paraît jouer un rôle important dans le cas de l'aluminium, métal particulièrement oxydable; enfin, l'hétérogénéité de structure, constatée par l'examen systématique de chaque point des échantillons, paraît être, dans les cas que nous avons étudiés, une règle générale.

OPTIQUE. — *Sur l'anisotropie optique superficielle des surfaces réfléchissantes striées.* Note [1] de M. **Jacques Farran**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'anisotropie superficielle des sections réfléchissantes striées par un abrasif fin a été décrite et expliquée par L. Capdecomme [2]. Nous avons repris cette étude afin de savoir si l'abrasion donnait lieu à des phénomènes optiques définis et reproductibles, susceptibles d'être reliés aux constantes physiques.

Jusqu'ici, nous avons travaillé sur l'aluminiun, le cuivre, le cadmium, l'acier inoxydable V_2A et le chrome.

Pour nous affranchir de l'état de surface préalable, nous avons soumis au polissage anodique les sections altérables ou écrouissables (Al, Cu, Cd, acier V_2A). Cr seul a été traité par simple polissage mécanique.

Comme abrasifs, nous avons employé des alumines fines calibrées et une série de papiers potée. Les alumines étaient utilisées dans l'alcool pour éviter l'oxydation. Les papiers étaient paraffinés afin d'empêcher la fixation des grains d'abrasif par les métaux mous.

Nous avons formé les réseaux de stries d'orientation bien définie, en guidant la section par une réglette au cours de ses passages sur les abrasifs. La pression à exercer pour produire les sillons est d'autant plus faible que le

---

(1) Séance du 9 avril 1947.

(2) *Bull. Soc. fr. Min.*, **63**, 1940, pp. 57 à 63.

métal est plus mou. Il est nuisible de multiplier les passages au point de provoquer un échauffement de la surface et par conséquent une oxydation.

Résultats. — Nous avons constaté en premier lieu que la pression exercée agit peu sur les anisotropies mesurées ([3]), pourvu qu'elle suffise pour produire les stries.

Avec un abrasif donné et une substance définie, nous avons généralement retrouvé des valeurs de l'anisotropie ρ concordant à moins de 2 % près. Parmi les métaux que nous avons étudiés, le cuivre, seul, a fait exception et donné des écarts plus considérables, pouvant atteindre de 15 à 20 %. L'explication doit être recherchée dans la grande facilité d'altération de ce métal et dans la diversité d'oxydes et de sulfures susceptibles d'en recouvrir la surface.

Pour chaque métal, l'anisotropie augmente en même temps que la grosseur des grains de l'abrasif.

Celle des métaux plastiques, Al, Cd, Cu, acier V_2A, montre une croissance rapide et régulière avec les alumines fines et tend asymptotiquement vers une valeur limite avec les abrasifs plus grossiers :

	Al.	Cd.	Cu.	V_2A.
ρ	2,05	1,9	1,7	1,55

Le chrome, par contre, a montré un accroissement très lent de l'anisotropie avec les abrasifs fins et une élévation beaucoup plus rapide avec des émeris plus grossiers que le n° 1. Son anisotropie reste cependant toujours très inférieure à celle des métaux mous.

Nous avons constaté, avec les métaux étudiés, que l'anisotropie limite, et aussi les anisotropies relatives à chaque finesse d'abrasif se classent comme les duretés. Il serait, en fait, possible de définir ces duretés par les tangentes à l'origine des courbes réalisées en portant l'anisotropie optique en ordonnées et la grosseur des grains d'abrasif fins en ordonnées.

L'allure de la courbe relative au chrome, ainsi que les valeurs trouvées pour l'anisotropie, s'accordent avec la formule approchée $\rho = 1 + 4i^2/N$ qui se déduit des lois de la réflexion oblique et où i est l'angle d'incidence et N la fonction $(\nu^2 + \chi^2)/\nu$ des indices d'extinction χ et de réfraction ν de la substance ([4]).

Les anisotropies élevées observées pour les autres métaux ne peuvent s'expliquer par la même formule que si l'on admet deux ou plusieurs réflexions successives à l'intérieur des stries.

Ces réflexions multiples impliquent l'existence de sillons à bords très inclinés. Les métaux mous et plastiques se prêtent évidemment mieux à

([3]) Nous appelons *anisotropie de réflexion* ρ, le rapport R_1/R_2 du plus grand au plus petit des pouvoirs réflecteurs de la section éclairée normalement en lumière rectilignement polarisée.

([4]) L. Capdecomme, *Bull. Soc. fr. Min.*, 61, 1938, p. 71.

l'obtention de tels profils que les métaux durs et peu plastiques qui éclatent sous l'action de l'abrasif.

Nous avons pu étayer cette explication en observant la diminution brusque subie par l'anisotropie des surfaces d'aluminium ou de cuivre striées, quand on les soumet pendant quelques secondes à un polissage anodique susceptible seulement d'arrondir les crêtes sans changer la topographie générale de la surface.

OPTIQUE. — *Sur le pouvoir réflecteur sélectif des plaques interférentielles Lippmann et leur emploi dans des monochromateurs.* Note de MM. **Antoine Merland** et **Pierre Schonne**, présentée par M. Aimé Cotton.

Un des moyens d'obtenir de la lumière monochromatique consiste à utiliser la réflection sélective sur une plaque interférentielle Lippmann (1) impressionnée avec une radiation homogène. Ce procédé a été notamment décrit par Herbert E. Ives (2).

Pour comparer la luminosité et la sélectivité d'un monochromateur construit avec ces plaques, à celles des monochromateurs usuels et pour exprimer ces comparaisons par des nombres, il nous a semblé utile de mesurer le pouvoir reflecteur sélectif de plaques Lippmann. La présente Note a pour objet de faire connaître le résultat de ces mesures.

Nous avons employé la méthode de mesure suivante. La plaque Lippmann était placée verticalement dans une cuve à faces parallèles en verre, remplie de benzène. Le plan de la plaque faisait un angle de quelques degrés avec la face de la cuve en regard, de manière à séparer le faisceau réfléchi sur la plaque. La cuve était montée normalement au plan d'un cercle divisé et éclairée par un faisceau parallèle de lumière blanche. La lumière réfléchie était reçue sur la fente ($0^{mm},1$) d'un petit spectrographe assez dispersif (10 Å par millimètre sur le plan focal). Sur la plaque spectrographique on enregistrait, côte à côte : 1° l'image spectrale due à la lumière réfléchie sur la face antérieure (air-verre) de la cuve; 2° après rotation de la cuve, l'image des rayons réfléchis sur la plaque Lippmann, avec la même durée de pose; 3° un spectre de raies de comparaison.

Dans le deuxième cas, on compensait l'effet du prisme liquide sur la définition géométrique du faisceau réfléchi par un petit prisme en crown.

On a refait les mesures pour plusieurs incidences sur la plaque. Après développement, suivant les précautions habituelles (3), les photographies des

(1) *Comptes rendus*, **112**, 1891, p. 274.

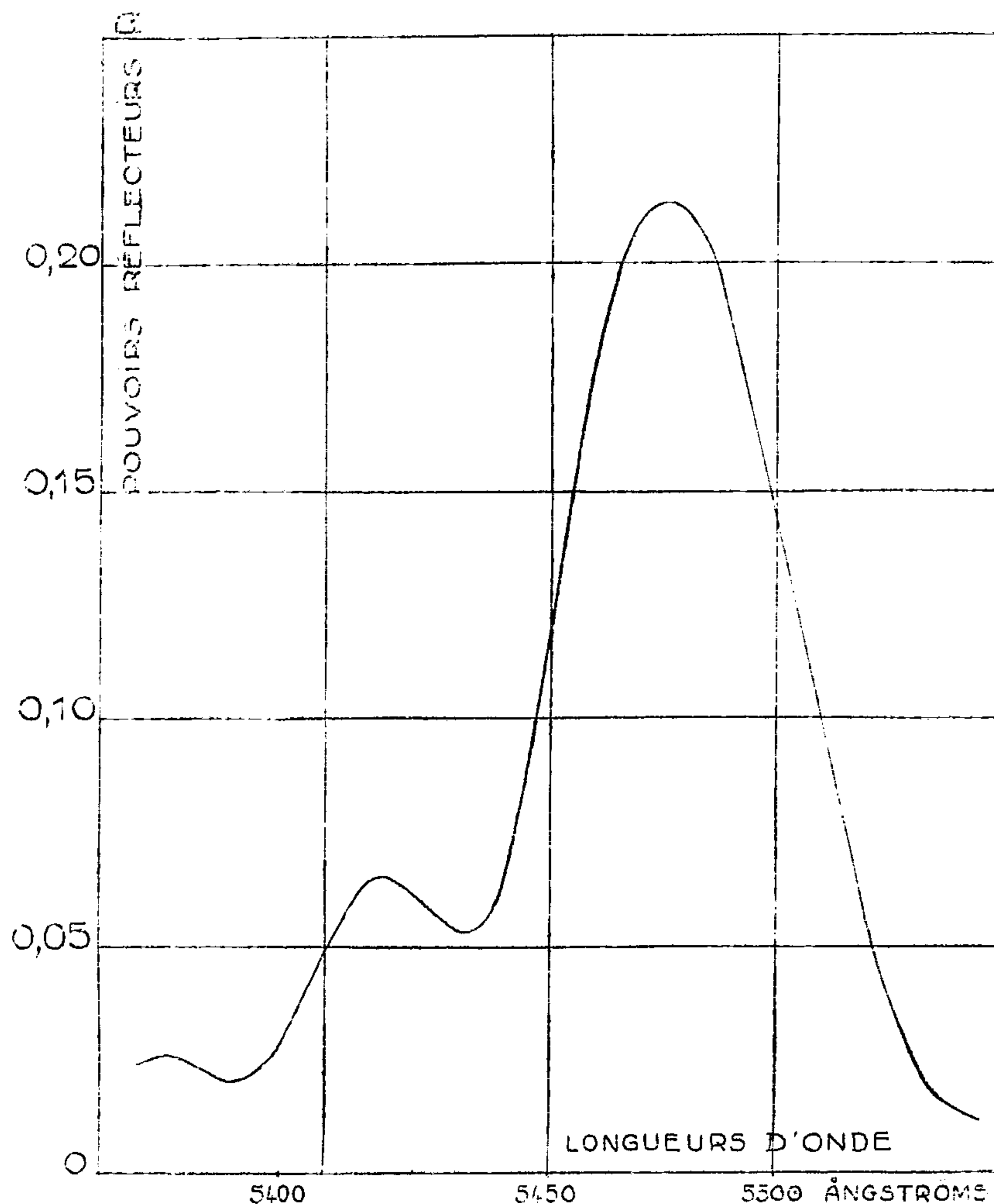
(2) *The Astrophys. Journal*, **28**, 1908, p. 325, et *Journ. of the Optic. Soc. of America*, **1**, 1917, p. 49.

(3) C. Jausseran, *Ann. de Phys.*, 5, 1936, p. 355.

spectres étaient analysées au microphotomètre enregistreur. Pour chaque longueur d'onde on obtenait donc, d'une part, la fraction de la lumière incidente réfléchie sur le verre et, d'autre part, la fraction réfléchie sur la plaque Lippman. La première pouvait être connue avec une bonne précision par les formules de Fresnel; la deuxième s'en déduisait par comparaison des ordonnées correspondantes des microphotogrammes.

Résultats. — 1° Pour toutes les plaques Lippmann préparées, le pouvoir réflecteur a été trouvé plus grand quand la lumière incidente arrive sur le coté gélatine de la plaque.

2° On a préparé un groupe de plaques Lippmann à faible épaisseur de gélatine (7 μ), impressionnées durant 1 minute par une lampe à vapeur de sodium placée à 20^{cm}, développées à l'acide pyrogallique, puis traitées par le bichlorure de mercure et l'amidol. Le pouvoir réflecteur maximum atteint seulement 0,065, à $\lambda = 5583$ Å, pour un angle d'incidence de 8°30′. La *largeur de bande*,



c'est-à-dire l'écart des longueurs d'onde pour lesquelles le pouvoir réflecteur vaut la moitié du pouvoir réflecteur maximum est de 126 Å.

3° On a préparé un autre groupe de plaques à plus grande épaisseur de gélatine (33 μ d'après la masse coulée). Elles ont été impressionnées avec la lumière d'un arc au mercure Gallois (110 volts, 2,1 ampères), filtrée par un écran Wratten 77 A pour isoler la raie verte. L'arc était placé à 1^m de la plaque et la durée de pose était de 15 minutes. Le développement a été fait à l'hydroquinone et les plaques traitées, après fixage, au bichlorure de mercure. Le pouvoir réflecteur est alors beaucoup plus grand : plus de 0,21 au maximum. La figure ci-contre se rapporte à l'une de ces plaques. La largeur de bande est de 60 Å. L'incidence était de 12°. Cette plaque a montré un spectre cannelé, dont on voit la manifestation sur la courbe. L'examen des cannelures semble indiquer qu'il s'agit d'interférences dues aux vibrations hors série qui se réfléchissent sur les faces avant et arrière de la gélatine. L'épaisseur de la couche déduite de la place des cannelures est de 32 μ, en bon accord avec l'évaluation qui précède.

Nous ferons connaître prochainement le résultat d'études comparées entre des monochromateurs à plaques Lippmann, des monochromateurs à prismes et des monochromateurs mixtes.

RADIOCHIMIE. — *Sur la mise en évidence d'une réaction d'échange entre le brome libre et le tribromure d'antimoine.* Note [1] de M. **Roland Muxart.**

Nous avons étudié la possibilité d'une réaction d'échange entre le brome libre et le tribromure d'antimoine.

Le bromure d'antimoine était préparé par action directe du brome sur l'antimoine.

1. *Étude du système* $Br_2^*.Br_3Sb$. — Par une technique [2] rappelant celle utilisée déjà dans l'étude de l'échange $Br_2.Br_4Se$, nous avons observé un échange complet entre le radio-brome et le tribromure d'antimoine dissous dans du sulfure de carbone.

Le tableau suivant précise le résultat des mesures.

	Poids (en mg).	Activités (coups/mn).	Activités spécifiques.
Premier essai.			
Br_2^* étalon	102	1190	11,5
Br_2^* échangé	100	379	3,79
Br_3Sb	102	467	4,5
Deuxième essai.			
Br_2^* étalon	114	2382	20,8
Br_2^* échangé	109	1278	11,7
Br_3Sb	109	1409	12,9

(1) Séance du 9 avril 1947.

(2) St. Priest, Sautreau, Muxart, P. et R. Daudel, *Experientia* (sous presse).

La durée du contact était d'environ 1 heure à la température de 50° C.

2. *Étude du système* $Br_2.Br_3^*Sb$. — A titre de contre-épreuve, nous avons réalisé l'expérience complémentaire; celle-ci a confirmé les résultats précédents.

Le tableau suivant précise le résultat des mesures.

	Poids (en mg).	Activités (coups/mn).	Activités spécifiques.
	Premier essai.		
Br_3^*Sb étalon	85	2025	23,27
Br_3^*Sb échangé	27	445	16,5
Br_2	100	945	9,45
	Deuxième essai.		
Br_3^*Sb étalon	103	530	5,14
Br_3^*Sb échangé	104	186	1,79
Br_2	103	220	2,13

En conclusion, il y a échange complet d'atomes de brome entre Br_2 *et* Br_3Sb *en solution dans* CS_2, *à la température de* 50° C. *en moins d'une heure.*

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage colorimétrique du calcium en présence d'un grand excès de magnésium.* Note de M. **Émile Rinck** et M^lle **Hélène Ostertag**, présentée par M. Louis Hackspill.

A. Astruc, M. Mousseron et M^lle N. Bouissou (¹) ont mis au point une méthode de microdosage du calcium, basée sur la détermination colorimétrique de l'acide tungstique combiné au calcium lors de la formation du tungstate de calcium insoluble. Cette méthode est longue puisqu'elle nécessite l'isolement de WO_4Ca, puis celui de l'acide tungstique qu'il contient; cet acide est redissous sous forme de WO_4Na_2, acidulé par ClH et réduit par le chlorure titaneux. La coloration bleue obtenue est comparée à celle d'une solution étalon de teneur voisine dans un colorimètre de Dubosq.

H. Beutelspacher (²) a montré qu'il était plus simple de précipiter le tungstate de calcium à l'aide d'une quantité connue de WO_4Na_2; après centrifugation, la fraction de tungstate de sodium non utilisée est déterminée colorimétriquement. La présence d'alcalins et de magnésium ne gênerait pas la précipitation de WO_4Ca en raison de la solubilité des tungstates correspondants.

Dans ces conditions nous avons pensé pouvoir utiliser cette méthode pour doser de faibles quantités de calcium (inférieures au milligramme) en présence

(¹) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 376.

(²) *Z. anal. Ch.*, 96, 1934, p. 161.

d'un grand excès de magnésium. Malheureusement nous avons dû constater que dans ce cas la méthode de Beutelspacher donnait des résultats très erronnés, même en respectant minutieusement les prescriptions de l'auteur. De même, en dosant des solutions de calcium exemptes de magnésium, les erreurs observées ont largement dépassé les 3 % indiqués par Beutelspacher.

Une étude systématique de cette méthode nous a montré que ces erreurs sont dues à la formation de paratungstates doubles de sodium et de magnésium, insolubles dans l'eau. La formation de ces composés est empêchée si l'on évite d'évaporer à sec la solution à précipiter ainsi que l'avait recommandé Beutelspacher. De plus, cette solution ne doit pas contenir des quantités appréciables de chlorure d'ammonium sous peine d'obtenir des solutions grisâtres au moment de la réduction par Cl_3Ti.

Mode opératoire. — La solution à doser ne renfermant pas plus que 1^{mg} de Ca^{++} et moins que 500 fois son équivalent de Mg^{++}, est neutralisée avec du carbonate de sodium, en évitant la précipitation de sel basique. Additionnée de $2^{cm^3},5$ d'une solution de tungstate de sodium à $5^g,2435$ de WO_4Na_2, $2H_2O$ par litre (1^{cm^3} de cette solution correspond à 1^{mg} de CaO), elle est chauffée pendant une heure au bain-marie. La solution est évaporée à un très faible volume (de l'ordre du cm^3), mais il faut absolument éviter de l'évaporer à sec. Après une heure de chauffe, le précipité de WO_4Ca, très adhérent, est mis en suspension dans la liqueur en frottant les parois du verre avec une spatule en caoutchouc, puis le tout est transvasé dans un ballon jaugé de 25^{cm^3}. Après centrifugation on prélève 5^{cm^3} de la solution limpide, on leur ajoute 1^{cm^3} de ClH n/10, puis 5^{cm^3} de Cl_3Ti, dont 1^{cm^3} correspond exactement à 2^{mg} de fer. La teinte de la solution bleue obtenue est comparée à celle d'une liqueur-témoin, préparée de la même façon avec 5^{cm^3} d'une solution de WO_4Na_2 dont 1^{cm^3} correspond à $0^{mg},1$ de CaO.

Nous avons effectué cette comparaison dans un colorimètre à cellules photoélectriques, étalonné avec des solutions de tungstate de sodium de titre connu. La courbe d'étalonnage est reproductible avec une précision de l'ordre du millième. Les très nombreuses analyses que nous avons effectuées nous ont permis de doser des concentrations de calcium comprises entre 1 et 50 γ/cm^3 avec une précision de l'ordre de 1 %. La concentration des ions Mg^{++} peut être jusqu'à 500 fois celle des ions de Ca^{++}, sans que les résultats en soient affectés. Un excès plus grand conduit à des résultats défectueux parce que le pH des solutions de Mg plus concentrées devient incompatible avec l'existence du tungstate de calcium. De plus, on est limité par la solubilité du tungstate de magnésium à froid. Voici quelques résultats :

Ca théorique en γ/cm³.	Rapport Mg/Ca.	Méthode Beutelspacher. Ca trouvé en γ/cm³.	Nouvelle méthode. Ca trouvé en γ/cm³.
10,04	0	11,3 14,0	9,8 10,3
20,07	0	19,5 à 24,8	20,2 20,5
40,14	0	42,8 43,0	40,0 40,2
20,07	1	23,0 23,8	20,2 20,4
20,07	10	22,5 24,0	19,9 20,7
20,07	50	20,3 à 27,5	
20,07	100		19,9 20,6
20,07	200	28,5 48,0	19,8 20,1
20,07	500	11,0 à 51,5	19,8 20,0
4,01	100		4,0
12,04	100		12,1
16,05	100		16,0
28,09	100		28,0
36,13	100		36,1
40,14	100		40,25

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches sur la formation des oxydes d'azote au cours de la distillation de la houille.* Note (¹) de Mme **Françoise Plotegher**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons vu dans une précédente étude (²) l'influence de l'air et de la température, au cours de la distillation de la houille aux basses températures, sur la formation du bioxyde d'azote. Nous avons poursuivi ces recherches avec le même appareillage, en modifiant le système de chauffage. Nous avons pu atteindre 1200°.

Nous avons donc distillé, dans les mêmes conditions de pression normale à l'intérieur de la cornue et à 900, 950, 1000, 1100 et 1200°, 500g de charbon. Nous avons effectué le dosage du NO comme précédemment suivant la méthode de Griess : solution acidifiée d'acide sulfanilique et d'α-naphtylamine. Nous avons obtenu les résultats suivants :

1° *Sans entrée d'air.* — Aucune trace de NO.

2° *Avec* 650cm³ *d'air.* — Le virage n'est pas suffisamment net pour apprécier les quantités de NO formé.

3° *Avec* 1400cm³ *d'air.* — Virage sensible donnant les résultats suivants :

T°C. de distillation...	900.	950.	1000.	1100.	1200.
Teneur en mg/m³.....	0,0086	0,0074	0,0064	0,0052	inappréciable

(¹) Séance du 23 décembre 1946.

(²) *Comptes rendus*, **221**, 1945, pp. 503-505.

Nous résumons tous nos résultats sur la courbe I ci-dessous. Il apparaît donc un maximum à 900°. (Trois expériences vérifièrent ce résultat à 10^{-3} mg près.)

Nous avons voulu vérifier l'allure de cette courbe en augmentant la quantité d'air envoyée dans la cornue afin de travailler sur des quantités plus appréciables de NO.

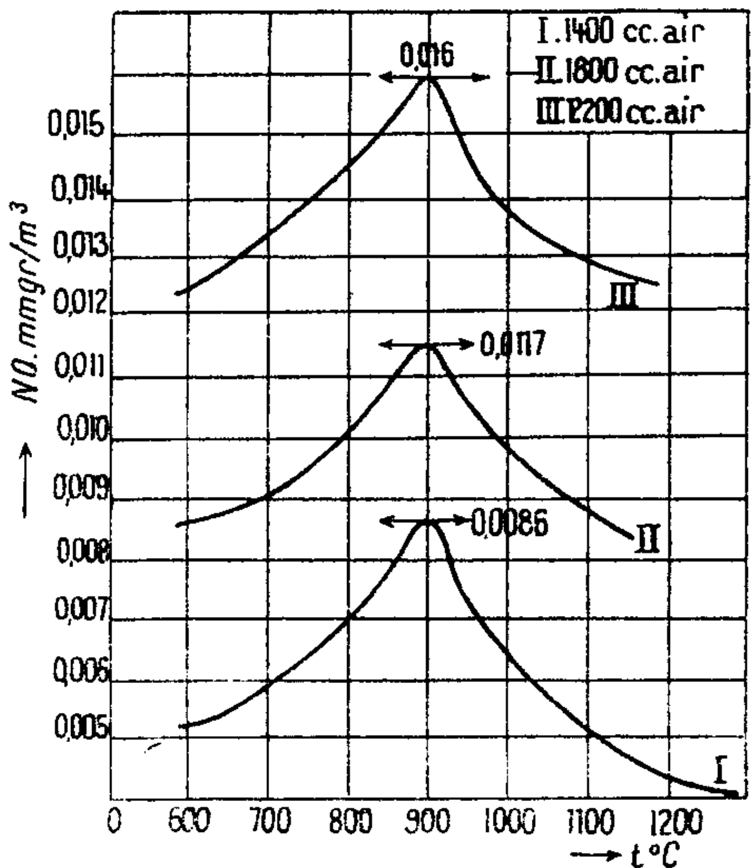


Fig. 1.

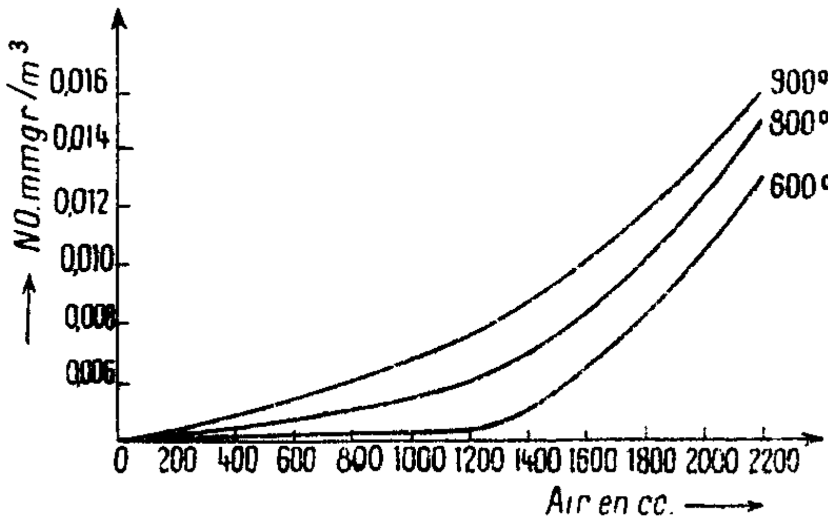


Fig. 2.

Voici, avec 1800 et 2200^cm³ d'air, les résultats obtenus. Nous les retrouvons sur le graphique en II et III.

	T°C	600.	800.	900.	950.	1000.	1100	1200.
Air	1800	0,0087	0,0102	0,0117	–	0,0101	0,0089	–
	2200	0,0125	0,0144	0,016	0,0148	0,0138	0,0131	0,0126

Le pouvoir calorifique du gaz émis à chaque distillation a donné des résultats très convenables. L'analyse du gaz effectuée à chaque expérience a présenté une augmentation de la proportion d'oxygène aux hautes températures.

Il est à remarquer, du point de vue pratique et industriel, que, dans une usine où les cornues sont tout d'abord en parfait état, sans fissure, et où l'on distille à 1000°, 1100° et 1200° sur les parois, il n'y a aucune trace d'oxyde d'azote, et que dans une autre beaucoup plus ancienne, où les cornues sont très abîmées et où l'on ne peut de ce fait dépasser 900 à 950°, l'existence des gommes a été mise en évidence.

On pourrait donc faire un rapprochement entre nos résultats et cette constatation pratique.

Nous nous sommes proposé d'expliquer cette anomalie. Nous avions d'abord supposé que ceci était dû soit à la dissociation du NO soit à l'oxydation du NO en NO_2.

1° *Hypothèse de la dissociation.* — NO ne se dissocie pas à chaud; il se forme d'autant plus que la température est plus élevée, en vertu du principe de Le Chatelier. Sa dissociation se manifeste donc d'autant moins que la température est plus élevée, car la réaction $2NO \rightarrow N_2 + O_2$ est exothermique entre 500 et 1500°.

2° *Hypothèse de la formation de* NO_2. — Au détriment de l'excès de O_2, le NO_2 se formerait dans la cornue et se trouverait arrêté dans le barillet où le gaz barbote en déposant ses eaux ammoniacales. Nous les avons donc toutes recueillies et nous avons essayé de déceler la présence de ce peroxyde d'azote, d'abord du point de vue qualitatif et comme vérification du point de vue quantitatif. Absolument aucune trace n'apparut.

Il reste donc à croire que cette diminution de NO avec l'augmentation de température serait due à la combustion du charbon dans le NO.

En résumé nous pourrons dire que la proportion en oxyde d'azote du gaz de distillation de la houille augmente toujours avec la quantité d'air envoyé (voir courbe ci-dessus) dans la cornue, mais qu'elle est maximum à 900°.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur l'anisotropie optique des siliciures de fer, de manganèse et de nickel.* Note [1] de M. **Théophile Cambon**, présentée par M. Charles Mauguin.

I. Fer-silicium [2]. — Les alliages Fe-Si montrent : 1° une solution solide α de Si dans Fe, cubique; 2° une combinaison définie η (Si_2Fe_3), hexagonale; 3° une combinaison définie ε (SiFe) cubique; 4° une combinaison définie θ (Si_5Fi_2) quadratique.

L'anisotropie optique de la phase θ a été précisée par L. Capdecomme [3].

La méthode des coupes perpendiculaires nous a permis de déterminer l'ensemble des caractéres optiques de la phase η.

Caractères observés — Cristaux uniaxes optiquement négatifs; rotations maxima ω_M de l'ordre de 2°; anisotropie variant en sens inverse de la longueur d'onde; teintes allant du blanc jaunâtre au gris bleuté.

II. Manganèse-silicium [4]. — Les alliages Mn-Si comportent : 1° une solution solide α de Si dans Mn, cubique; 2° une combinaison définie β (Mn_2Si), hexagonale; 3° une combinaison définie γ (MnSi), cubique; 4° une combinaison définie δ ($MnSi_2$), hexagonale.

Caractères des diverses phases optiquement anisotropes : 1° Phase β (Mn_2Si). — Divers échantillons dont la composition variait de 22 à 34 % Si ont montré les deux phases β et γ juxtaposées. MnSi, optiquement isotrope, apparaît généralement en grains à sections triangulaires, ce qui confirme sa symétrie

(1) Séance du 9 avril 1947.

(2) P. Pascal, *Traité de Chimie minérale*, 12, 1934.

(3) *Métaux, corrosion, usure*, 16, 1941, pp. 83-84.

cubique tétraédrique, Mn_2Si se présente ordinairement sous forme de prismes allongés suivant l'axe principal, car les sections normales à la direction d'allongement sont isotropes et ont fréquemment un contour hexagonal. Ces sections prismatiques, à extinctions toujours droites, indiquent par la normale à leur allongement le pouvoir réflecteur principal R_0 du cristal.

Caractères observés. — Cristaux uniaxes optiquement négatifs; rotations maxima ω_M de l'ordre de 1°; anisotropie variant en sens inverse de la longueur d'onde; teintes allant du blanc au gris bleuté.

2° Phase δ ($MnSi_2$), Nous l'avons étudiée sous forme de grains arrondis et l'ensemble de ses caractères optiques a été précisé en utilisant la méthode des coupes perpendiculaires.

Caractères observés. — Cristaux uniaxes optiquement négatifs; rotations maxima ω_M de l'ordre de 2°; anisotropie variant en sens inverse de la longueur d'onde; teintes vives allant du jaune orangé au bleu.

III. NICKEL-SILICIUM (²). — Les alliages Ni-Si montrent: 1° une phase α solution solide de Si dans Ni, cubique; 2° une combinaison définie θ (Ni_3Si) formée par réaction péritectique à 1125° à partir des phases α et β; 3° une combinaison définie β (Ni_2Si); 4° une combinaison définie ε (Ni_3Si_2) formée par réaction péritectique à 840° à partir des phases β et γ; 5° une combinaison définie γ (Ni Si), cubique; 6° une combinaison définie δ ($NiSi_2$).

Nous n'avons pas trouvé dans la bibliographie la symétrie de ces différentes phases. Leur étude optique nous a montré que quatre d'entre elles sont anisotropes, et nous donnons ci-après leurs caractères optiques :

1° Phase θ (Ni_3Si). Elle s'est présentée en lamelles à plan d'aplatissement isotrope, ce qui indique un composé uniaxe étalé suivant sa base *p*.

Caractères observés. — Cristaux uniaxes optiquement négatifs; rotations maxima ω_M de l'ordre de 0°,5; anisotropie variant en sens inverse de la longueur d'onde; teintes allant du jaune au gris bleu.

2° Phase β (Ni_2Si). Nous l'avons observée sous forme de grains arrondis et nous avons obtenu par un emploi systématique des coupes perpendiculaires une section isotrope unique dans le cristal, ce qui indique encore une symétrie à axe principal.

Caractères observés. — Cristaux optiquement uniaxes et négatifs; rotations maxima ω_M de l'ordre de 1°; anisotropie croissant dans le même sens que la longueur d'onde; teintes vives allant du rouge violacé au vert bleu.

3° Phase ε (Ni_3Si_2). Elle apparaît sous forme de grains arrondis très faiblement anisotropes. La méthode des coupes perpendiculaires indique encore un composé à axe principal.

Caractères observés. — Cristal optiquement uniaxe et négatif; rotations maxima ω_M inférieures à 0°,5; anisotropie croissant dans le même sens que la longueur d'onde; teintes allant du rose au vert bleu.

4° Phase δ ($NiSi_2$). Ce composé se présente sous la forme de prismes orthorhombiques allongés suivant *m* et montrant des clivages *m*. Nous avons déterminé l'ensemble des caractères optiques en taillant une section normale aux allongements, ce qui donne un plan *p*, à partir duquel nous avons obtenu, grâce aux traces de clivages *m*, les deux sections g^1 et h^1.

Caractères observés. — *a.* Sur le plan *p* (001); rotations maxima ω_M de l'ordre de 0°,5; anisotropie croissant dans le même sens que la longueur d'onde; teintes allant du vert bleu au rouge violacé.

b. Sur le plan g^1 (010); rotations maxima ω_M de l'ordre de 1°,5; anisotropie croissant dans le même sens que la longueur d'onde; teintes allant du vert bleu au jaune orangé.

c. Sur le plan h^1 (100); rotations maxima ω_M de l'ordre de 1°; anisotropie croissant dans le même sens que la longueur d'onde; teintes allant du bleu au jaune brun.

La répartition de R_g, R_p, R_m suivant les axes principaux est la suivante: R_p suivant *a*, R_m suivant *b* et R_g suivant *c*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Stéréochimie du cycle tétrahydropyrannique.* Note [1] de MM. **Raymond Cornubert** et **Jacques Viriot**, présentée par M. Marcel Delépine.

« Que le noyau hexagonal tétrahydropyrannique se développe dans deux plans, est une chose indubitable », ainsi s'expriment Allen et Hibbert [2] en s'appuyant sur des mesures de moments électriques. S'il en est ainsi, et en admettant que le cycle soit rigide, il doit exister plus de deux dérivés disubstitués sur atomes de carbone différents. C'est ce que nous avons entrepris de vérifier; nous rendons compte ici de nos premières expériences sur ce sujet.

Nous avons tout d'abord étudié les αα'-dibenzyltétrahydropyrannones (I); nos expériences sont résumées dans le graphique ci-après.

Dans l'ensemble, on trouve donc une similitude très poussée avec les αα'-dibenzylcyclohexanones [3]; le corps F 124° est l'isomère *cis*, le corps F 72° est l'isomère *trans*.

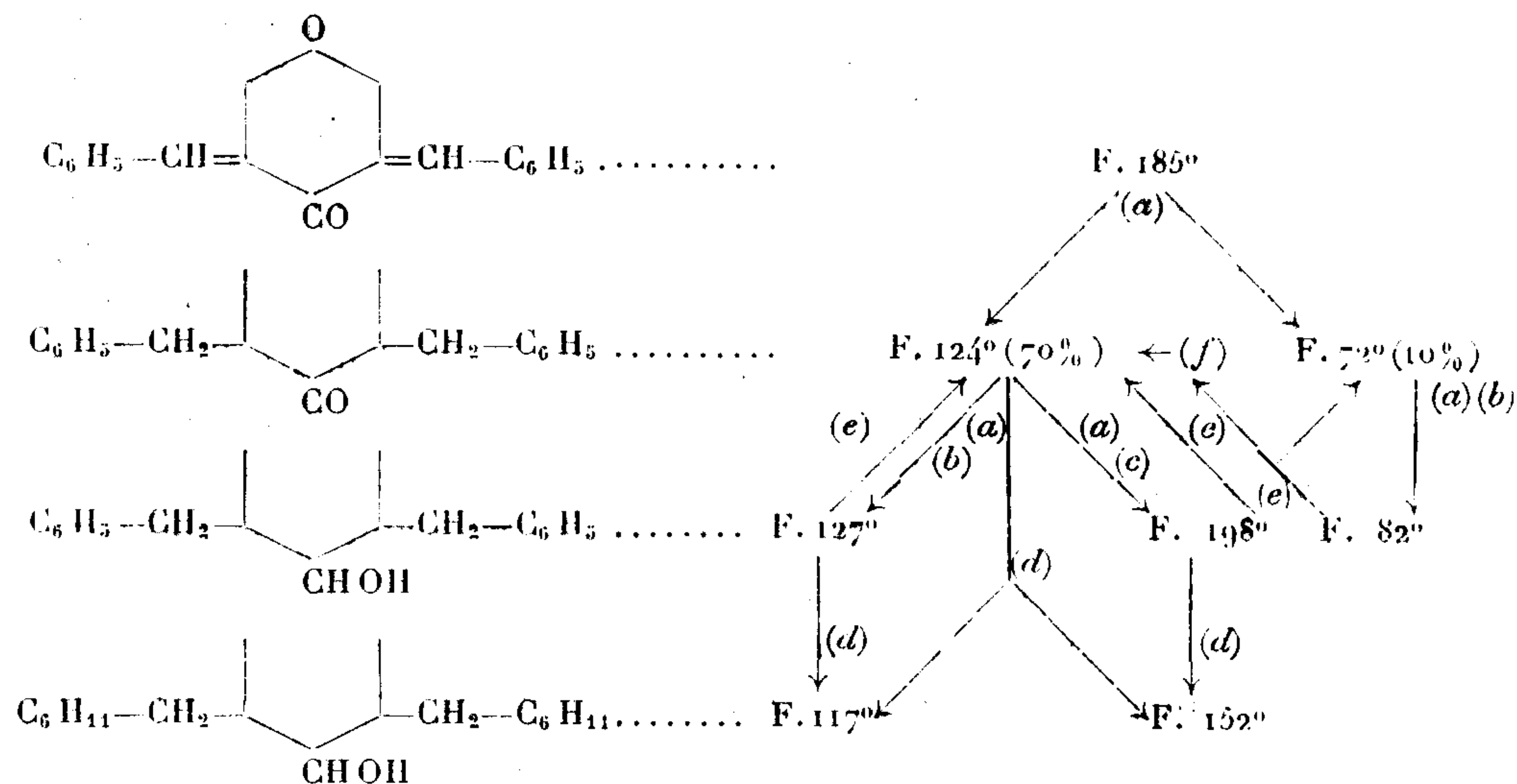
B. L'hydrogénation de la ββ'-diméthylpyrannone par le nickel de Raney a donné, d'une part le ββ'-diméthyltétrahydropyrannol $É_{20}$ 96-97° (R^1 44 %, phényluréthane F 136°), d'autre part l'heptanediol-2.4 $É_{20}$ 120-122° (R^1 14 %,

(1) Séance du 31 mars 1947.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 1398.

(3) R. Cornubert, M. André et M. de Demo, *Bull. Soc. Chim.*, 6, 5e série, 1939, p. 113; R. Cornubert, P. Anziani et M. Descharmes, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 358.

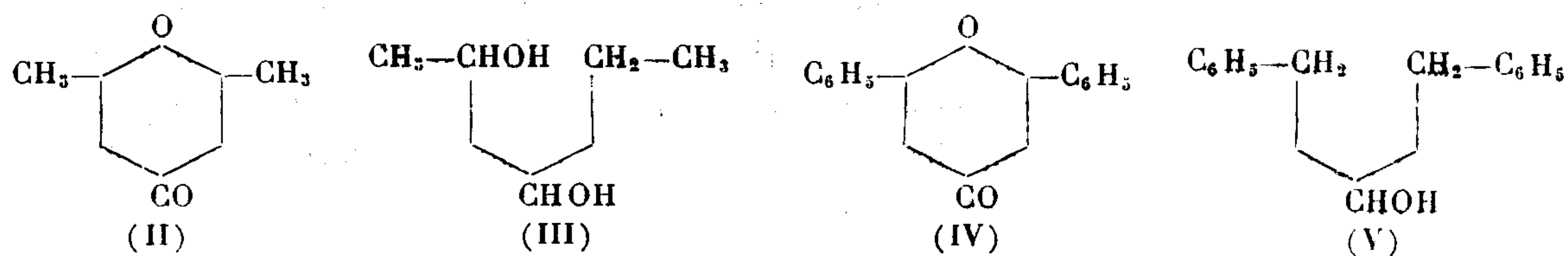
diphényluréthane F 122°) (III).



(I).

(*a*) Ni de Raney; (*b*) isopropylate d'aluminium; (*c*) Na + éther humide; ne donnent que des traces; (*d*) platine acétique; (*e*) oxydation sulfochromique; (*f*) acide chlorhydrique dilué et froid.

La ββ'-diméthyltétrahydropyrannone pure (II) obtenue par oxydation chromique de l'alcool précédent, conversion en oxime et hydrolyse de cette dernière, a été soumise à diverses réductions : *a*. par le sodium et l'éther



humide, elle a donné le précédent alcool de phényluréthane F 136°, mais à l'état solide (F 47-48°); *b*. par le nickel de Raney et le platine acétique, elle a engendré un alcool de moindre point de fusion (Ni, 30-35°; Pt, 28-35°) qui a permis d'isoler une grande quantité de phényluréthane F 136° à côté d'une petite quantité d'un autre phényluréthane F 106-108°; *c*. par l'isopropylate d'aluminium, on a trouvé l'alcool de phényluréthane F 136°.

Si l'on tient compte de la grande analogie qui se manifeste entre les αα'-dibenzylcyclohexanones et les αα'-dibenzyltétrahydropyrannones, et qu'on se rappelle que les cyclanones portant une substitution tant en β qu'en β' existent en stéréoisomères distincts, on arrive à cette conclusion que la ββ'-diméthyltétrahydropyrannone étudiée doit être l'isomère *cis* tout comme la ββ'-diméthylcyclohexanone récemment examinée ([4]).

(4) R. Cornubert, R. André et P. Hartmann, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1505.

c. Quant aux ββ'-diphényltétrahydropyrannones (IV) précédemment isolées par l'un de nous (⁵) F 131° et F 76°, elles ont donné lieu aux observations suivantes. L'isomère F 131° par hydrogénation au nickel de Raney préparé d'après la technique indiquée par MM. Delépine et Horeau (⁶), a fourni le ββ'-diphényltétrahydropyrannol F 146° et le dibenzylisopropanol F 47-48° V, ce dernier provenant de l'hydrogénation de la dibenzylidèneacétone engendrée aux dépens de la ββ'-diphényltétrahydropyrannone (IV) sous l'influence de l'alcali restant dans le nickel. De fait, en prenant un nickel neutralisé à l'acide acétique, nous n'avons plus retrouvé de dibenzylisopropanol. L'isomère F 76°, par le nickel de Raney neutralisé, conduit à un produit de réduction qui a été péniblement divisé en deux ββ'-diphényltétrahydropyrannols F 106-107° et 101-102° (mélange F 89-92°); il serait donc l'isomère *cis*.

Dans l'état actuel de ces recherches, les phénomènes stéréochimiques apparaissent compatibles avec la représentation plane du noyau tétrahydropyrannique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouvelles aldimines.* Note [1] de M. **René Tiollais**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai pu préparer par l'action d'un aldéhyde sur une amine primaire, en utilisant des produits purs et secs, un certain nombre d'aldimines qui n'avaient pas encore été signalées dans la littérature chimique.

Le tableau ci-contre donne la formule, la température d'ébullition sous une pression donnée, la densité à 0° prise par rapport à l'eau à 4°, la densité à t° par rapport à l'eau à 4°, l'indice de réfraction n_D^t pour la raie D du sodium à la température t, la réfraction moléculaire mesurée R.m., la réfraction calculée avec les incréments d'Eisenlohr sans la valeur de la double liaison C = N et l'exaltation due à cette double liaison.

Il ressort que :

1° *Pour les aldimines dérivées d'aldéhydes et d'alcoylamines saturés :*

a. Les points d'ébullition augmentent de 25° environ d'un terme à l'homologue supérieur.

b. Les isomères à chaîne linéaire ont sensiblement le même point d'ébullition. Cette remarque est valable pour les isomères ayant les mêmes ramifications.

c. Pour les aldimines ayant une seule ramification, le point d'ébullition est inférieur de 12° environ à celui trouvé pour l'isomère non ramifié; s'il y a deux ramifications, l'abaissement est de 25° environ.

(⁵) R. Cornubert et P. Robinet, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 1, 1934, p. 90.

(⁶) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 32.

(¹) Séance du 31 mars 1947.

Formules.		Eb (pression).	d_4^0.	d_4^t.	n_D^t.	R_m trouvée.	R_m calc. (*).	Exaltation C=N.
Aldimines dérivées des aldéhydes saturés et des amines saturées acycliques.								
$CH_3.CH:N.CH(CH_3)_2$	$C_5H_{11}N$.	58-59° (754)	0,7375	0,7232 (14°)	1,3963	28,30	27,03	1,27
$CH_3.CH:N.(CH_2)_3.CH_3$	$C_6H_{13}N$.	102 (747)	0,7712	0,7579 (14)	1,4162	32,84	31,648	1,192
$C_2H_5.CH:N.CH(CH_3)(C_2H_5)$	$C_7H_{15}N$.	111 (770)	0,7622	0,7417 (22,5)	1,4098	37,79	36,266	1,524
$C_3H_7.CH:N.CH(CH_3)_2$	$C_7H_{15}N$.	112 (770)	0,7569	0,7378 (22)	1,4070	37,76	36,266	1,494
$(CH_3)_2CH.CH:N.CH(CH_3)_2$	$C_7H_{15}N$.	100 (760)	0,7466	0,7341 (13,5)	1,4064	37,90	36,266	1,634
$C_2H_5.CH:N.(CH_2)_2.CH(CH_3)_2$	$C_8H_{17}N$.	143 (769)	0,7841	0,7718 (14,5)	1,4265	42,27	40,884	1,386
$(CH_3)_2CH.CH:N.CH(CH_3)(C_2H_5)$	$C_8H_{17}N$.	124-125 (772)	0,7602	0,7416 (21)	1,4102	42,51	40,884	1,626
$CH_3.(CH_2)_5.CH:N.CH_3$	$C_8H_{17}N$.	160 (772)	0,7938	0,7811 (14)	1,4324	42,27	40,884	1,386
$C_3H_7.CH:N.(CH_2)_2.CH(CH_3)_2$	$C_9H_{19}N$.	166 (772)	0,7867	0,7743 (15)	1,4297	47,09	45,502	1,588
$CH_3.(CH_2)_5.CH:N.C_2H_5$	$C_9H_{19}N$.	175 (770)	0,7891	0,7781 (14)	1,4316	47,04	45,502	1,538
$CH_3.(CH_2)_6.CH:N.C_2H_5$	$C_{10}H_{21}N$.	89 (21)	0,7977	0,7818 (21)	1,4317	51,46	50,12	1,34
$CH_3.(CH_2)_7.CH:N.CH_3$	$C_{10}H_{21}N$.	94 (22)	0,8080	0,7955 (15,5)	1,4397	51,40	50,12	1,28
$CH_3.(CH_2)_8.CH:N.CH_3$	$C_{11}H_{23}N$.	103 (14)	0,8116	0,7978 (17,5)	1,4412	56,05	54,738	1,312
$CH_3.(CH_2)_8.CH(CH_3).CH:N.CH_3$	$C_{13}H_{27}N$.	122 (14)	0,8145	0,8018 (17,5)	1,4448	65,47	63,974	1,496
Aldimines dérivées d'aldéhydes saturés et d'amine éthylénique ou d'aldéhyde éthylénique et d'amines saturées.								
$C_3H_7.CH:N.CH_2.CH:CH_2$	$C_7H_{13}N$.	128 (773)	0,7968	0,7813 (17,5)	1,4352	37,14	35,799	1,341
$(CH_3)_2CH.CH:N.CH_2.CH:CH_2$	$C_7H_{13}N$.	117 (767)	0,7880	0,7756 (14)	1,4327	37,22	35,799	1,421
$CH_3.(CH_2)_5.CH:N.CH_2.CH:CH_2$	$C_{10}H_{19}N$.	86 (20)	0,8144	0,7961 (22,5)	1,4444	51,17	49,653	1,517
$CH_3.CH:CH.CH:N.(CH_2)_2.CH_3$	$C_7H_{13}N$.	137-138 (760)	0,8007	0,7895 (12)	1,4653	38,95	35,799	3,151
$CH_3.CH:CH.CH:N.CH(CH_3)_2$	$C_7H_{13}N$.	128 (775)	0,7837	0,7666 (20,5)	1,4512	39,06	35,799	3,261
Aldimines dérivées d'aldéhydes saturés et de la cyclohexylamine.								
$CH_3.CH:N.C_6H_{11}$	$C_8H_{15}N$.	54 (18)	0,8716	0,8583 (15)	1,4647	40,30	38,684	1,616
$(CH_3)_2CH.CH:N.C_6H_{11}$	$C_{10}H_{19}N$.	82 (26)	0,8516	0,8400 (14)	1,4592	49,89	47,92	1,97
Aldimines dérivées d'aldéhydes saturés et de la benzylamine.								
$CH_3.(CH_2)_2.CH:N.CH_2.C_6H_5$	$C_{11}H_{15}N$.	115 (15)	0,9382	0,9258 (17)	1,5202	52,95	51,137	1,813
$(CH_3)_2CH.CH:N.CH_2.C_6H_5$	$C_{11}H_{15}N$.	105 (15)	0,9288	0,9174 (14)	1,5160	53,08	51,137	1,943

(*) Sans la double liaison C=N.

d. La densité croît quand le poids moléculaire lui-même augmente.

e. Les densités des isomères ne diffèrant entre eux que par la place de la double liaison —C=N— dans la chaîne carbonée, sont voisines, celles des isomères à chaîne ramifiée sont plus faibles.

f. L'exaltation due à la double liaison —C=N— s'accroît quand le poids moléculaire de l'imine augmente.

2° *Dans le cas des aldimines dérivées de la méthylamine*, le point d'ébullition trouvé et la densité observée sont légèrement plus élevés que les grandeurs correspondantes trouvées pour les autres aldimines à même chaîne carbonée dérivées des autres amines, tandis que l'exaltation due à la double liaison —C=N— et la R. m. sont plus faibles.

3° *Chez les aldimines dérivées de la cyclohexylamine et de la benzylamine*, le point d'ébullition croît avec l'augmentation du poids moléculaire, tandis que contrairement à ce qui se passe pour les aldimines purement acycliques, la

densité diminue à mesure que le poids moléculaire augmente, l'exaltation trouvée est supérieure à celle observée pour les autres amines purement acycliques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mobilité des atomes d'hydrogène, dans le groupement méthylénique du divinylméthane.* Note de MM. **Raymond Paul** et **Serge Tchelitcheff**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que dans divers carbures tels que le cyclopentadiène, l'indène, le diphénylméthane, etc., l'hydrogène du groupement méthylènique est rendu suffisamment mobile, sous l'influence des doubles liaisons voisines, pour être remplaçable par un atome de sodium ou de potassium. V. Grignard et F. Chambret [1] ont entrevu, d'autre part, *l'acidité* de certains carbures β-diéthyléniques qui présentaient comme le cyclopentadiène la particularité d'avoir un groupe CH_2 compris entre deux liaisons éthyléniques.

Nous nous sommes proposé d'étudier de ce point de vue le plus simple des carbures β-diéthyléniques, le *divinylméthane* $CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH{=}CH_2$ que l'on sait préparer aujourd'hui dans de très bonnes conditions à partir du furfural [2].

En fait, le divinylméthane, au voisinage de son point d'ébullition du moins, ne réagit pratiquement ni sur les organo-magnésiens, ni sur les métaux alcalins, ce qui montre que son groupe CH_2 est moins *actif* que celui du cyclopentadiène. Cependant, lorsqu'on le traite, en milieu benzénique, par la quantité calculée de phénylsodium, il donne naissance à un dérivé monosodé. En ajoutant en effet au produit de la réaction un fort excès de neige carbonique, on obtient avec un rendement de 61 %, un acide diéthylénique de formule brute $C_5H_7.CO_2H$ ($É_6$ 102-103°, D_4^{20} 1,033, N_D^{20} 1,4850, C % 64,8, H % 7,15), que les essais suivants ont montré être l'*hexadiène*-3.5-*oïque*

$$CH_2{=}CH{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}CO_2H.$$

a. Hydrogéné sur nickel Raney (T 15°, P 50^{at}), ce composé fixe exactement deux molécules d'hydrogène en donnant (rendement 86 %) un acide facilement identifié avec l'*acide caproïque*, par ses constantes d'abord ($É_{13}$ 102-103°, D_4^{20} 0,929, N_D^{20} 1,4167) et surtout par les points de fusion de son *amide* (F 100°, N % 12,25) et de son *anilide* (F 97°, N % 7,40).

b. L'absence de double liaison en α par rapport au carboxyle est démontrée par la stabilité de cet acide qui, chauffé avec un peu de cuivre au sein de la quinoléine bouillante, ne perd pas de gaz carbonique, alors que dans les mêmes conditions, son isomère, l'acide sorbique, est rapidement décarboxylé.

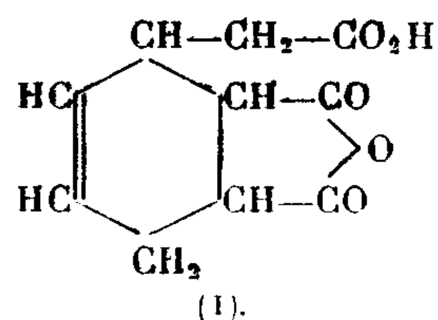
---

(1) Voir V. Grignard et L. Lapayre, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 250.

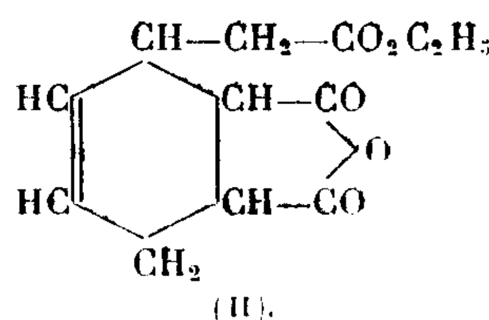
(2) R. Paul et H. Normant, *Bull. Soc. Chim.*, 11, 1944, p. 365.

c. La production de méthanal, par ozonolyse, établit qu'une des liaisons éthyléniques se trouve en bout de chaîne.

d. Enfin, l'existence d'un système diénique est mise en évidence par sa réaction, molécule à molécule, avec l'anhydride maléique. L'hexadiène-oïque nous a donné en effet un adduct, l'*acide* (*anhydro dicarboxy*-1.2 *cyclo-hexène*-4 *yl*-3) *acétique* [formule (I)], paillettes blanches fusibles à 153° (C 57,5, H 5,10). Avec l'*hexadiène*-3.5 *oate d'éthyle* ($É_{11}$ 69-70°, $D_4^{20,5}$ 0,937, N_D^{20} 1,4637) l'anhydride maléique conduit à l'(*anhydrodicarboxy*-1.2 *cyclo-hexène*-4*yl*-3) *acétate d'éthyle* [formule (II)] fusible à 61° (C 60,75, H 6,15).

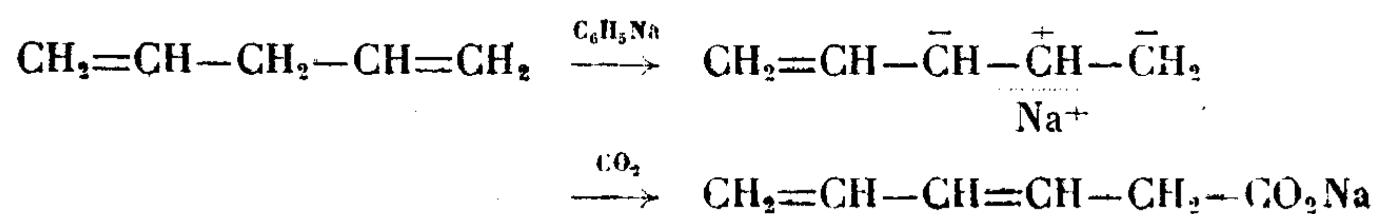


(I).



(II).

La formation d'hexadiène-3.5 oïque, au lieu de l'acide divinylacétique qu'on pouvait attendre, montre donc que la sodation du divinylméthane, ou bien la fixation de CO_2 sur son dérivé sodé, s'accompagne d'une *migration allylique* :



On pouvait supposer que le premier temps de la réaction était l'isomérisation du divinylméthane en pipérylène, $CH_2=CH-CH=CH-CH_3$, dont le CH_3 terminal se serait prêté à la sodation et à la carboxylation ultérieure. Cette hypothèse ne peut être retenue, car en traitant le pipérylène dans les conditions précédentes, nous n'avons pas obtenu d'hexadiénoïque, mais seulement des acides à haut poids moléculaire.

Nous avons étudié également la condensation du bromure d'allyle avec le divinylméthane monosodé. Il se forme un carbure que, par analogie avec ce qui précède, nous considérons provisoirement comme l'*octatriène*-1.3.7 (É 119-121°, D_4^{18} 0,763, N_D^{18} 1,4636, C % 88,1, H % 11,6):

Ce carbure, qui nous a donné deux *hexabromooctanes* (F 106° et F 170°) et qui réagit quantitativement sur l'anhydride maléique, conduit en effet par hydrogénation à l'*octane normal* (É 125°, $D_4^{19,5}$ 0,709, $N_D^{19,5}$ 1,4003). L'alcoylation s'est donc encore accompagnée d'une transposition allylique, dont la généralité et le mécanisme ont été si bien mis en lumière par Ch. Prévost.

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'albumen vrai chez les Centrospermées du type chénopodique.* Note (¹) de M. **Roger Dambroise**, présentée par M. René Souèges.

A. Meunier, en 1890 (²), se basant sur les épaississements et les ornementations des cellules de l'assise périphérique du tégument externe ovulaire, a distingué, chez les Centrospermées, un *type chénopodique* et un *type caryophyllique.* Ce sont surtout les familles se rattachant à ce dernier type que Th. Rocén (³) a envisagées dans son très important Mémoire sur l'embryologie des Centrospermées. Mes investigations ont porté sur les groupes apparentés au type chénopodique : Chénopodiacées, Amarantacées, Phytolaccacées, Basellacées, Nyctaginacées et Illécébracées. Elles ont presque exclusivement trait au développement de l'albumen.

Chez toutes ces plantes, l'albumen est transitoire; il n'en subsiste, dans la graine, qu'une faible portion revêtant la radicule à la façon d'un doigt de gant. Les détails relatifs à l'évolution de l'albumen, en raison même du caractère transitoire de ce tissu, sont restés jusqu'ici assez mal connus.

Le fait fondamental qui se dégage de nos observations est la *grande homogénéité* des règles qui président au développement de l'albumen chez les Centrospermées. Pour se faire une idée précise des particularités que présente ce développement, il convient de le partager en deux périodes : une période de construction et une période de résorption. Dans la première, on assiste à la formation normale d'un albumen nucléaire; dans la deuxième, toute construction s'arrête pour faire place à des processus de destruction auxquels résiste dans tous les cas une simple gaine radiculaire. Trois groupes de noyaux d'albumen ont été envisagés : un groupe micropylaire, un groupe pariétal et un groupe chalazien; leur comportement, aux divers stades de la période de résorption surtout, offre des différences qui ont pu être aisément dégagées.

Dans la région micropylaire, le protoplasme affecte d'abord la forme d'un *syncytium réticulé*, les noyaux occupant les nœuds du réseau, et la trame étant représentée par des trabécules plasmatiques amincies; des vacuoles de dimensions variables occupent les mailles du réseau. C'est à cette forme du contenu du sac que se rapporte la construction dite *alvéolaire;* c'est cette même forme qui a reçu également le nom de *tissu spongieux*.

Les noyaux d'albumen de la partie centrale du sac, après multiplication par mitoses, se trouvent vite séparés par une ou quelques rares vacuoles et repoussés contre les parois où ils se répartissent, de manière équidistante, dans une couche de plasma. Les couches pariétales, externe et interne, qu'ils forment de la sorte, semblent exercer un double rôle : un rôle de transport ou de régulation de transport des matériaux arrivant par le chalaze et un rôle de sécrétion qui ressort nettement du fait que, dans certains cas, ces couches

(¹) Séance du 9 avril 1947.

(²) *La Cellule*, 6, 1890, p. 299.

(³) *Zur Embryologie der Centrospermen.* (*In Diss.*, Uppsala, 1927).

pariétales se transforment en une véritable assise cellulaire rappelant l'assise digestive différenciée aux dépens de la portion extérieure de l'albumen chez la plupart des graines albuminées.

Le groupe chalazien engendre un véritable haustorium qui préside surtout à la digestion de la base du nucelle et qui peut être comparé aux haustoriums de même origine que l'on rencontre chez beaucoup d'autres plantes, notamment chez les Gamopétales.

Chez les Centrospermées que j'ai examinées et qui appartiennent à la sous-classe des Apétales, il n'a pu être observé de ces diverticules latéraux rappelant ceux que Rocén a décrits chez les Caryophyllacées. Seul le *Scleranthus perennis* possède, au voisinage de la chalaze, un renflement latéral qui devient central au cours du développement de la graine et qui, sous certains rapports, peut être comparé aux diverticules signalés par Rocén.

L'albumen vrai des Centrospermées offre certainement dans son évolution des différences nombreuses et variées, mais ce ne sont que des différences de degré ne permettant pas de faire des catégories ou de définir des types bien tranchés. Ces variations plus ou moins profondes peuvent être rapportées à la différence de longueur des deux périodes de construction et de résorption, et aussi aux proportions plus ou moins étendues de tissu simplement syncytial, de tissu spongieux et de tissu nettement cellulaire qui se constituent dans les trois régions, micropylaire, pariétale ou chalazienne, du sac.

La portion d'albumen qui persiste dans la graine adulte sous forme d'une gaine radiculaire, se rencontre d'une manière constante et doit être considérée comme une partie constitutive normale de la graine des Centrospermées. Elle présente, avec les espèces, des différences nombreuses qui tiennent : à sa structure (ses cellules généralement disposées en une seule assise comme chez les *Amarantus* pouvant parfois former des massifs plus ou moins épais comme chez les *Corrigiola*), à son étendue plus ou moins grande (ex. *Rivina*, *Mirabilis*), à la surface variable de la partie hypocotylée de l'embryon qu'elle recouvre (ex. *Rivina*, *Basella*), à sa configuration générale surtout, ses bords offrant des parties saillantes et des parties rentrantes diversement orientées (ex. *Beta*, *Amarantus*, *Corrigiola*).

Toutes ces données peuvent certainement servir à préciser les caractères morphologiques des Centrospermées. Mais de nouvelles observations sont encore nécessaires si l'on veut que ces données puissent intervenir utilement pour déterminer les vrais rapports qu'offre cette vaste alliance avec d'autres groupements plus étroits ou de valeur taxinomique comparable (¹).

(¹) On consultera pour plus de détails un gros Mémoire de 100 pages, orné de 306 figures, qui doit paraître prochainement sur le même sujet : R. DAMBROISE, *Thèse Doct. Univ.* (*Pharmacie*), Paris, 1947.

CYTOLOGIE. — *Sur une couche lipidique périnucléaire des histiocytes et sa structure inframicroscopique.* Note [1] de M. **Charles-Albert Baud.**

Dans les coupes de pièces traitées par l'acide osmique pour la mise en évidence de l'appareil de Golgi, on constate l'existence, autour du noyau des histiocytes, d'une couche périnucléaire imprégnée en noir intense comme l'appareil réticulaire interne lui-même. Comme on a décrit récemment [2] une couche lipidique périnucléaire dans certaines cellules telles que les spermatocytes d'Escargot, et comme d'autre part le noircissement par l'acide osmique n'est pas la preuve suffisante d'une nature lipidique, nous avons cherché à retrouver cette couche périnucléaire par d'autres méthodes, de façon à préciser sa nature chimique et sa structure inframicroscopique.

Nos recherches ont porté sur le tissu conjonctif du derme cutané de Cobaye et de Lapin nouveau-né, qui est très riche en histiocytes.

Pour l'étude cytochimique, des fragments de peau ont été fixés au formol à 10 % pendant 24 heures, et coupés après congélation. Les coupes ont été traitées par les diverses méthodes de caractérisation cytochimique des lipides. Parmi les colorants généraux des graisses, le Soudan III, l'Écarlate R et le Bleu BZL ont donné des résultats négatifs en ce qui concerne la couche périnucléaire, car la coloration qu'ils produisent n'est pas suffisamment intense pour être décelable sous une aussi faible épaisseur; mais le Noir Soudane B montre une couche périnucléaire très mince, teinte en bleu noir, qui est visible non seulement sur le bord, mais aussi sur les faces du noyau; cela prouve indiscutablement la présence de graisses à ce niveau.

Pour essayer de préciser la catégorie à laquelle appartiennent ces lipides, nous avons utilisé diverses méthodes; en général les résultats obtenus furent négatifs. Cela n'est pas étonnant, car la coloration produite par ces réactions est en général assez faible, et ne peut être perçue dans une couche très mince. C'est ainsi que les réactions de Schultze et de Romieu, spécifiques du cholestérol et de ses esters, se sont montrées négatives, sans qu'il soit cependant permis de conclure à l'absence de ces substances dans la couche mince périnucléaire. Parmi les réactions des lipoïdes, c'est-à-dire des lipides complexes, phospho ou galactolipides, la réaction de Smith-Dietrich s'est montrée légèrement positive, donc en faveur de l'existence de lipoïdes dans cette couche.

Très instructives sont les observations en lumière polarisée. Nous avons utilisé pour cela des fragments de tissu conjonctif frais obtenus en faisant des boules d'œdème de Ranvier avec du liquide de Locke. Dans la plupart des cas, on a ajouté à la solution saline une faible quantité de chrysoïdine pour obtenir la coloration vitale des graisses. Un fragment de la boule d'œdème était placé

(1) Séance du 31 mars 1947.

(2) L. Monné, *Z. Zell.*, 31, 1941, p. 91, et *Ark. Zool.*, 34 B, n° 2, 1942, p. 1.

dans la chambre humide et porté sous le microscope polarisant. Particulièrement après coloration vitale à la chrysoïdine, on constate que la couche lipidique périnucléaire est biréfringente et montre une croix de polarisation. La chrysoïdine colore immédiatement la couche lipidique périnucléaire et augmente considérablement sa biréfringence; on ne sait pas encore par quel mécanisme la chrysoïdine augmente la biréfringence des lipides, en particulier si elle provoque un changement d'état physique de ceux-ci en les rapprochant de l'état de gel comme le pense Monné (*loc. cit.*), ou si elle s'interpose avec une orientation déterminée comme le sulfure d'antimoine dans la méthode que nous avons précédemment décrite ([3]). Ce qui est certain, c'est qu'elle permet la détection d'une biréfringence de la couche lipidique périnucléaire et son étude optique. La détermination du signe de la biréfringence à l'aide des compensateurs montre qu'elle est positive par rapport au rayon du noyau. Il s'agit donc d'une structure sphéritique positive, montrant que les molécules de lipides ne sont pas disposées de façon quelconque, mais orientées avec régularité perpendiculairement à la surface du noyau.

En résumé, nous avons mis en évidence, dans les histiocytes du derme, une couche périnucléaire de lipides, dont les molécules sont nettement orientées perpendiculairement à la surface du noyau.

PHYSIOLOGIE. — *Phénomènes de synergie et d'antagonisme entre l'adrénaline et certaines vitamines*. Note ([1]) de MM. **Raoul Lecoq**, **Paul Chauchard** et Mme **Henriette Mazoué**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Quand on soumet un rat à des injections d'adrénaline (1 à 5 gouttes du soluté officinal au millième) répétées chaque jour, on obtient dès le 4e jour ou le 5e jour, une augmentation des chronaxies nerveuses qui se maintient en permanence. Indice d'un état dépressif des centres nerveux encéphaliques, ces perturbations sont en rapport probable avec l'action hyperglycémiante de l'hormone, ainsi que le prouve l'antagonisme précédemment noté, par deux d'entre nous, entre cet effet de l'adrénaline et l'action excitante de la caféine ([2]). Nous avons pensé qu'il y avait là une méthode susceptible d'être généralisée et de fournir des renseignements intéressants, en ce qui regarde notamment l'influence de diverses vitamines sur les effets de l'adrénaline. Déjà, la méthode chronaximétrique est apparue précieuse dans l'étude des antagonismes de quelques vitamines vis-à-vis d'une autre hormone, la thyroxine ([3]).

([3]) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1408.

([1]) Séance du 9 avril 1947.

([2]) P. Chauchard et H. Mazoué, *C. R. Soc. Biol.*, 139, 1945, p. 594.

([3]) G. Mouriquand, J. Coisnard et V. Edel, *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1944, p. 552; P. Chauchard et H. Mazoué, *C. R. Soc. Biol.*, 139, 1945, p. 640; R. Lecoq, P. Chauchard et H. Mazoué, *Rev. Pathol. comp. et Hyg. gén.*, 46, 1946, p. 554.

Soit à titre préventif, soit à titre curatif, nous avons donc injecté à des rats recevant comme ci-dessus des injections d'adrénaline (le tout par voie sous-cutanée et en injections séparées) de la vitamine A (axérophtol $12^{\gamma},5$), de la vitamine K (2-méthyl-1.4 naphtoquinone 100^{γ}), de la vitamine C (acide ascorbique 250^{γ}), de la vitamine P (épicatéchine 500^{γ}) ou de la vitamine B_6 ou G (pyridoxine 50^{γ}).

Seules se sont révélées antagonistes de l'adrénaline, c'est-à-dire susceptibles de supprimer ou d'empêcher les variations adrénaliniques des chronaxies nerveuses : la vitamine A, la vitamine K et la vitamine B_6 (ou G). Au contraire, la vitamine P et la vitamine C ont accentué les troubles chronaxiques, les rendant un peu plus précoces et accroissant leur amplitude.

Nous retrouvons ainsi, à l'aide du test chronaximétrique, et vis-à-vis de l'action nerveuse de l'adrénaline, le pouvoir protecteur de la vitamine P, signalé déjà par Parrot et Lavollay ([4]), et celui de la vitamine C, antérieurement observé par Kreitmair et G et A. Ungar ([5]) en ce qui concerne l'activité vasculaire de l'adrénaline. Ce pouvoir paraît être en rapport avec les propriétés réductrices desdites vitamines; depuis les expériences de Bacq, l'exagération des effets de l'adrénaline par les antioxygènes et en particulier par les phénols est en effet bien connue ([6]).

En ce qui concerne l'antagonisme que nous avons constaté entre l'adrénaline et les vitamines A et K, tout porte à croire qu'il s'agit ici de phénomènes inverses et qui s'annulent. Nos observations se trouvent par ailleurs en accord avec l'action hypotensive de la vitamine A et de la vitamine K, mise en évidence par Bruel et Lecoq ([7]), dans le traitement de l'hypertension artérielle; l'importance de la première l'emportant toutefois en clinique sur celle de la seconde. Sans préjudice de l'intervention possible d'autres processus, il est vraisemblable que l'entrave à l'action de l'adrénaline apportée par ces vitamines joue un rôle dans leur utilisation en thérapeutique vasculaire. Il est intéressant de souligner que l'introduction d'antiseptiques phénoliques dans certaines préparations commerciales de vitamine A suffit à empêcher l'activité hypotensive de celle-ci, ces dérivés ayant une action inverse de la vitamine.

Les effets analogues qui ont été observés avec la vitamine B_6 (ou G) appellent quelques explications. La présence de cette vitamine (pyridoxine ou adermine) se montre indispensable pour prévenir ou guérir les troubles chronaxiques dus

([4]) *C. R. Soc. Biol.*, **138**, 1944, p. 82.

([5]) H. Kreitmair, *Arch. exp. Pathol. Pharm.*, **176**, 1934, p. 326; G. et A. Ungar, *C. R. XIIe Réun. Ass. Physiol.*, Louvain, 1938, p. 344.

([6]) *Arch. intern. Physiol.*, **42**, 1936, p. 340.

([7]) *Presse méd.*, **54**, 1946, p. 542; *Gaz. méd. France*, **53**, 1946, p. 467; *Concours méd.*, **69**, 1947, p. 546; *Gaz. méd. France*, **54**, 1947, p. 42.

à un excès de tyrosine dans le régime ou à des injections répétées de cet aminoacide ([8]). Étant donnés les rapports chimiques étroits qui existent entre la tyrosine et l'adrénaline, il n'est pas surprenant que la vitamine B_6 se révèle également active dans les deux cas.

Conclusions. — Poursuivie sur le Rat blanc, l'analyse chronaximétrique des effets nerveux de l'adrénaline confirme l'action synergique de l'acide ascorbique et de l'épicatéchine (vitamines C et P).

Elle montre, par contre, l'action antagoniste qu'exercent les vitamines A, K et B 6 (ou G) vis-à-vis de l'adrénaline.

Les résultats expérimentaux concernant les vitamines A et K expliquent, au moins pour une part, l'efficacité thérapeutique de ces vitamines préconisées par Lecoq et Bruel, en injections intramusculaires, dans le traitement de l'hypertension artérielle.

ENTOMOLOGIE. — *Le labium des Thysanoures.*
Note de M. **Jean Chaudonneret**, transmise par M. Louis Fage.

L'interprétation du labium des Insectes a déjà retenu l'attention de nombreux auteurs. Malheureusement, faute de données suffisamment précises, aucun n'a pu, jusqu'à présent, résoudre complètement les problèmes que pose cette pièce buccale. Nous avons cherché à interpréter le labium (squelette et musculature) de *Machilis annulicornis* (Latr.) et de *Thermobia domestica* (Pack.) par reconstitutions d'après des coupes sériées.

L'aspect du labium de *Machilis* est fort différent de celui de *Thermobia* : très allongé chez celui-là, très élargi chez celui-ci; le premier montrant huit lobes, le second quatre seulement. Pourtant, leur morphologie est identique. Tout d'abord, on reconnaît chez l'un et l'autre les grands sclérites habituels dont la musculature démontre l'homologie : un postmentum impair, un prémentum plus ou moins cloisonné sagittalement, indiquant déjà son origine paire, dont chaque moitié porte un palpe et des lobes. A ces sclérites, visibles ventralement, il faut en ajouter un autre, situé dorsalement, immédiatement sous l'orifice salivaire : la plaque infra-salivaire. Ni l'étude du squelette ni celle de la musculature ne permet de reconnaître un palpiger.

Le labium des Insectes est formé par la soudure dans le plan sagittal de deux appendices typiques. L'étude de la musculature permet de retrouver, tout au moins chez les Thysanoures, les territoires appartenant au subcoxa (postmen-

([8]) R. Lecoq, P. Chauchard et H. Mazoué, *C. R. Soc. Biol.*, séance du 8 mars 1947 et *Observations inédites.*

tum) aux coxæ 1 et 2 (prémentum et lobes) et au télopodite (palpe). La plaque infrasalivaire mentionnée ci-dessus est à rapporter au premier coxa.

Contrairement à ce que pensent plusieurs auteurs, le sternite du métamère labial ne prend pas part à la formation du postmentum; les restes de ce sternite doivent être recherchés sur la face dorsale du labium, au niveau de son insertion sur la tête et en avant du tentorium, ainsi que sur la face ventrale de l'hypopharynx jusqu'aux fulcres inclusivement.

La limite morphologique subcoxo-coxale est matérialisée ventralement par la *suture* prémento-postmentale. La limite morphologique entre les coxæ 1 et 2 d'un même côté est indiquée anatomiquement, chez *Machilis*, par un fort apodème issu de la face labiale dorsale; sur cet apodème intercoxal s'insère presque toute la musculature motrice du palpe. Chez *Thermobia*, on ne rencontre pas une telle formation, mais la limite intercoxale est soulignée ventralement par une profonde échancrure dans le sclérite prémental, issue du bord latéral, au niveau de l'insertion du palpe; le premier coxa porte le lobe interne et le second le lobe externe. Chacun de ces lobes est divisé en deux chez *Machilis* où les deux lobes externes d'un même côté prennent appui, chez celui-ci, sur un sclérite latéro-prémental qui ne représente pas tout le second coxa.

Le palpe labial de *Machilis* s'articule sur le second coxa; mais, chez *Thermobia*, le condyle articulaire est porté par le bord latéro-antérieur du premier coxa. Nous voyons là une modification secondaire qui ne nous étonne pas outre mesure, car le prémentum du Lépisme nous semble beaucoup moins primitif que celui de *Machilis* : chez celui-là, on ne retrouve plus l'apodème intercoxal (qui correspond évidemment à une condition primitive), et les rapports entre les constituants du prémentum sont modifiés, le deuxième coxa étant très étendu ventralement, refoulant le premier vers le haut avec son lobe. Chez *Machilis*, les rapports sont encore simples entre les divers constituants du prémentum.

Si nous pouvons considérer le prémentum de *Machilis* comme plus primitif que celui du Lépisme, c'est le contraire pour le reste du métamère labial. Il existe en effet chez *Thermobia* des muscles labiaux tergo-appendiculaires et des sterno-appendiculaires antérieurs (fulcraux), et même un muscle tergo-sternal qui manquent tout à fait chez *Machilis*, bien qu'il s'agisse de muscles primitifs.

Malgré ce que nous venons de dire, on trouve, à la fois chez *Machilis* et *Thermobia*, aussi bien dans les régions prémentale que postmentale, des muscles en voie de régression, prenant un aspect tendineux ou même tonofibrillaire. De plus, dans la région postmentale de *Thermobia*, on trouve un muscle tentorio-glandulaire présentant une condition plus évoluée que chez *Machilis*, en se fusionnant partiellement à un sterno-subcoxal de façon à former un sphincter fermant distalement le labyrinthe du rein labial.

Aussi, même à ne considérer que le labium, on trouve, chez *Machilis* et *Thermobia*, un mélange intime de caractères primitifs et de caractères évolués. On a l'habitude de penser que les Machilidiens sont plus primitifs que les Lépismides; c'est peut-être vrai en gros, mais, comme nous le montre ce qui précède, ce n'est pas vrai pour tout, bien au contraire. Pour ne nous en tenir qu'au labium, objet de cette Note, on peut dire que cette pièce a évolué dans deux directions différentes chez les Thysanoures : nous sommes en présence, si l'on peut dire, de deux réalisations différentes d'un même thème, d'une même *idée*.

La séance est levée à 15h45m.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 14 octobre 1946.)

Note de MM. *Fernand Gallais* et *J. Mounier*, Nature et stabilité des complexes coexistant dans les solutions aqueuses de mercure-II-thiocyanates :

Page 791, 21^e^ ligne, *au lieu de*

$$(SNC)^- = x - [3y + 4(1-y)] = x + y - 4;$$

lire

$$(SNC)^- = \Gamma''_x - \Gamma(1-x)[3y + 4(1-y)] = \Gamma'_x + \Gamma(1-x)(y-4),$$

et 23^e^ ligne, *au lieu de*

$$K_2 = K_1 \cdot \frac{y}{1-y} \cdot (x + y - 4),$$

lire

$$K_2 = K_1 \frac{y}{1-y} [\Gamma'_x + \Gamma(1-x)(y-4)].$$

(Séance du 3 mars 1947.)

Note de M. *Georges Carpéni*, Influence des sels neutres sur les courbes de titrage de l'acide molybdique :

Page, 927, 6^e^ ligne, *au lieu de* $(Mo_2O_7Me$, *lire* $(Mo_2O_7HM_2$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 AVRIL 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Les ensembles rangés.* Note [1] de M. **Arnaud Denjoy.**

Dans mon livre *l'Énumération transfinie*, I, j'ai donné une place importante à la notion de rang d'un élément a d'un ensemble ordonné E. Si $C(a, E)$ est la section commençante de E admettant a pour dernier élément : 1° le rang de a dans E, si ce rang propre à a existe, est identiquement défini par le type d'ordination de $C(a, E)$ indépendamment du mode d'ordination des éléments de E ultérieurs à a; l'application conforme de E sur un ensemble semblable conservera le rang de a; 2° pour que ce rang ait une existence déterminée, il faut et il suffit que $C(a, E)$ soit dissemblable à toutes ses sections commençantes.

Si cette dernière condition est satisfaite quel que soit a, je dis que l'ensemble E est *rangé*. Les ensembles bien ordonnés sont rangés.

J'ai donné deux exemples particulièrement remarquables d'ensembles dénombrables rangés, sans être bien ordonnés.

P étant un ensemble parfait linéaire totalement discontinu, $u_1, u_2, \ldots$ ses intervalles contigus énumérés, si sur le segment $\bar{u}_n$ on place n points, l'ensemble total R_1 ordonné dans le sens des abscisses croissantes est rangé (*Énumération*, p. 122-123).

(O) étant l'ensemble des nombres ordinaux de Cantor, ordonnés dans le sens de la croissance, et $S(\alpha, O)$ désignant le segment du nombre α dans (O), soit δ_{-n} un nombre ordinal de la classe II, croissant avec la valeur absolue de son indice négatif entier $(-n)$, B_{-n} un ensemble bien ordonné semblable à $S(\omega^{\delta_{-n}}, O)$, et R_2 l'ensemble ΣB_{-n}, la sommation étant ordonnée dans le sens des indices négatifs $(-n)$ croissants. R_2 est rangé (*Énumération*, p. 132-133). R_2 est ordinalement fermé et chacun de ses éléments a un conséquent, mais R_2 n'a pas d'élément initial. En faisant précéder R_2 d'un ensemble fini, il acquerrait un élément initial, et resterait fermé, mais un de ses éléments serait privé de conséquent. En faisant précéder R_2 d'un ensemble semblable à la suite des entiers positifs, il aurait un élément initial, un conséquent à chaque élément, mais il cesserait d'être fermé. Dans tous ces cas il resterait rangé, mais non bien ordonné (*Énumération*, p. 45).

---

[1] Séance du 14 avril 1947.

Les conditions imposées à $C(a, E)$, pour que a puisse être regardé comme ayant un rang dans E, peuvent être vérifiées par un seul élément de E, sans l'être par les autres.

Par exemple, sur l'intervalle $i_n[1/(n+1), 1/n]$ plaçons un ensemble R_1^n semblable géométriquement à R_1, ayant pour dérivé un ensemble P_n intérieur à i_n $(n \geqq 1)$. Ajoutons le point 1 à ΣR_1^n. Pour l'ensemble E obtenu (ordonné dans le sens des abscisses croissantes), la seule section commençante $C(a, E)$ dissemblable de toutes les autres correspond à $a = 1$.

Certaines propriétés des ensembles bien ordonnés appartiennent à tous les ensembles rangés. Il est intéressant de chercher ces analogies et de noter les différences.

Un ensemble rangé est dissemblable à toutes ses sections commençantes, mais il *peut être semblable à certaines de ses sections finissantes*. S'il est *bien ordonné*, et par exemple identique au segment $S(\lambda, O)$ de la suite des nombres ordinaux, *il existe une section finissante* $D(\alpha, E)$ *de* $E = S(\lambda, O)$, non identique à E, ayant α pour élément initial, telle que *toute section finissante de* E *contenant* $D(\alpha, E)$ *est semblable* à E (α est le plus grand nombre indécomposable inclus dans λ).

Si E *est simplement rangé, cette propriété n'est pas vraie en général.*

Sur l'intervalle $(n, n+1)(n \geqq 0)$ plaçons un ensemble semblable à R_1 [ou semblable à R_2]. L'ensemble total sera rangé (théorème IV) et il ne sera semblable qu'à ses sections finissantes communes avec les intervalles (n, ∞).

Théorème I. — *Un ensemble rangé est dissemblable à toutes ses sections non finissantes.*

La proposition n'est évidemment à justifier que pour les sections moyennes (*Énumération*, p. 21). Si J est une telle section, elle est suivie dans E par une section finissante D (et précédée par une section commençante). L'application A de E sur J appliquerait D sur une section moyenne D_1 suivie dans E par D. L'itération de A donne une suite $D, D_1, \ldots, D_n, \ldots$ de sections moyennes juxtaposées, semblables entre elles, D_{n-1} étant ultérieure à D_n, et dont la réunion forme une section finissante Δ non rangée. E ne serait donc pas rangé (*Énumération*, p. 122).

Théorème II. — *Si l'on double chaque élément d'un ensemble rangé, on obtient encore un ensemble rangé.*

Nous entendons par doubler les éléments de l'ensemble ordonné E adjoindre à tout élément a de E un élément $a+i$, la somme E' de tous ces éléments étant ainsi ordonnée : 1° $a+i$ est le conséquent de a dans E'; 2° si $a \prec b$ dans E, $a+i \prec b$ dans E'. Si E est rangé, je dis que E' l'est.

Sinon une section commençante S'_1 de E' serait semblable à une autre section commençante S'_2 de E'. Je dis que dans l'application conforme A' de S'_1 et de S'_2, tout élément $c+i$ de S'_1 s'applique sur un élément $d+i$ de S'_2. En effet, si c a un précédent dans E, et si l'on considère le précédent de celui-ci, et ainsi de suite, la chaîne s'arrête à un élément c_1 ou bien initial pour E ou bien limite du côté antérieur (à c_1); $c_1, c_2, \ldots$ sont consécutifs dans E et $c = c_k (k \geqq 2)$; $c+i = c_k + i$. La chaîne $c_1, c_1+i, \ldots, c_k, c_k+i, \ldots$,

improlongeable du côté antérieur est appliquée par A′ sur une chaîne analogue d_1, $d_1+i\ldots$, d_k, d_k+i, ... Le terme c_k+i de rang $2k$ dans la première s'applique sur le terme de même rang d_k+i dans la seconde.

Si c n'a pas de précédent dans E, il lui correspond par A′ dans S'_2 un élément δ dépourvu de précédent dans S'_2, donc dans E′. Donc $\delta = d$ appartient à E et $d+i$ correspond par A′ à $c+i$. Finalement si S_1 et S_2 sont respectivement S'_1 et S'_2 débarrassés des éléments $a+i$, A′ applique S_1 sur S_2. Donc $S_1 = S_2$ et par suite $S'_1 = S'_2$; E′ est rangé.

Les raisonnements seraient pareils pour prouver que E reste rangé si l'on double seulement ses éléments doués d'un précédent, ou seulement ses éléments doués d'un conséquent, ou seulement ses éléments limites d'un côté déterminé ou seulement limites bilatéralement.

Théorème III. — *Un ensemble rangé ne peut être décomposé en deux sections complémentaires semblables* (l'une commençante, l'autre finissante) *que d'une seule manière au plus.*

Supposons au contraire que E rangé soit C_1+D_1, et C_2+D_2, C_1 et C_2 étant commençantes, $D_1 = E - C_1$ et $D_2 = E - C_2$ finissantes. Si $C_1 \neq C_2$, par exemple $C_1 < C_2$, d'où $D_1 > D_2$, soit $J = C_2 - C_1 = D_1 - D_2$, et A_1 l'application conforme de C_1 sur D_1, A_2 celle de C_2 sur D_2; A_2 applique J sur K_1 section finissante de D_2 (et de E), A_1 applique K_1 sur J_1 section finissante de $C_2 - J$, A_2 applique J_1 sur K_2, section finissante de $D_1 - K_1$, etc. On met en évidence une section finissante $\Delta = \Sigma K_n$, l'addition étant ordonnée en sens inverse de la suite des entiers positifs. Δ n'est pas rangée. E non plus.

Une somme bien ordonnée d'ensembles bien ordonnés est un ensemble bien ordonné. *Une somme rangée* F *d'ensembles rangés* E_a *est-elle rangée ?*

Il faut entendre par là que les indices a des E_a décrivent un ensemble rangé φ et que $E = \Sigma E_a$ est ordonné alphabétiquement, c'est-à-dire dans l'ordre des indices a, b pour deux éléments γ, δ appartenant respectivement à E_a et à E_b, dans l'ordre de γ et de δ selon E_a si γ et δ sont tous deux dans E_a. φ est déterminé à une similitude près.

La proposition est en toute généralité inexacte.

Soit φ identique à l'ensemble R_1. Pour un point a situé sur $\overline{u_n}$: si a est l'un des $(n-1)$ premiers éléments de φ situés sur u_n, soit E_a fini et ordonné; si a est le $n^{\text{ième}}$ élément, soit E_a semblable à la suite des entiers positifs croissants. E est semblable à celle-ci sur tout segment $\overline{u_n}$; E n'est pas rangé. Car $E = \Sigma B'_{-n} + B_{-1}$ $(n \geq 2)$ avec $B'_{-n} = B_n + S(\omega^\delta, O) = S(\omega^\delta, O)$.

De même, si φ est R_2, soit δ supérieur à tous les δ_{-n}. Si a est dans B_{-n}, soit E_a réduit à un seul élément si a est non initial pour B_{-n} et E_a semblable à $S(\omega^\delta, O)$ si a est initial de B_{-n}; E n'est pas rangé.

Théorème IV. — *Une somme bien ordonnée d'ensembles rangés est rangée.*

Soit φ un segment de (O). Soient S_1 et S_2 deux sections commençantes de E qu'une application conforme A porterait l'une sur l'autre. Soit que S_1 comprenne seulement une partie de E_1 et rien de E_α pour $\alpha > 1$, soit que S_1 contienne la totalité de E_1, on voit que A est l'application identique pour E_1 ou la partie de E_1 située dans S_1. On voit immédiatement l'impossibilité qu'il existe un premier rang β tel que l'application A soit l'identité pour les E_α de rang $\alpha < \beta$, sans que la même propriété existe pour β si S_1 ou S_2 contiennent au moins une partie de E_β. Donc S_1 et S_2 sont identiques.

THÉORÈME V. — *Le produit de deux ordinations rangées est une ordination rangée.*

Tous les E_a sont identiques entre eux à un même ensemble rangé H. Et le type d'ordination de E, soit T(E), est le produit T(H) × T(φ).

Si E n'était pas rangé, une de ses sections commençantes S_1 s'appliquerait conformément sur une autre S_2 par une opération A. Soit H_a un ensemble inclus dans S_1. A applique H_a sur tout ou partie d'ensembles H_b. Il ne peut pas y avoir plus de deux éléments b, sinon un élément intermédiaire donnerait une application de H sur une de ses sections moyennes (I). On en conclut que : ou bien A applique identiquement H_a sur H_b, ou bien une section commençante de H_a s'applique sur une section finissante de H_b, ces deux sections étant complémentaires dans H, ce qui n'est possible que d'une seule manière. Cela exige que les deux ensembles H_b, $H_{b'}$ couvrant H_a par A soient consécutifs. En remontant la chaine finie des éléments b' et b consécutifs, on voit que cette seconde hypothèse est impossible. Chaque H_a s'applique identiquement par A sur un H_b. Mais alors, on applique une section commençante de φ sur une autre non identique à elle, ce qui est impossible. Donc E est rangé.

BOTANIQUE. — *Une Labiée inédite de la Flore française.* Note (¹) de MM. René Maire, R. Molinier et Gabriel Tallon.

Il est tout à fait exceptionnel de rencontrer dans un pays aussi bien exploré que le Midi de la France une plante supérieure inédite. Or, au début de l'été 1946, deux d'entre nous (Mo. et T.) trouvaient dans une petite mare temporaire de la plaine de la Crau (Bouches-du-Rhône), une petite Labiée du genre *Teucrium* entièrement différente de toutes les espèces françaises du genre ; mais rappelant par beaucoup de caractères le *T. campanulatum* L., plante vivant çà et là dans les dépressions inondées l'hiver de l'Afrique du Nord, de l'Italie et de l'Espagne méridionales. L'étude de cette plante nous a montré qu'elle est bien distincte du *T. campanulatum* et beaucoup plus voisine du *T. aristatum* Perez Lara, plante rarissime trouvée près de Jerez, dont elle diffère cependant par sa racine grêle et annuelle, et par quelques caractères floraux ; nous la nommons *T. cravense* (de la Crau) (²).

Notre plante croissait au milieu d'un cortège de plantes spéciales aux petites mares temporaires dans la région méditerranéenne : *Myosurus minimus* L. var. *pygmæus* Thiébaut, *Lythrum bibracteatum* Jord., *L. Hyssopifolia* L., *Damasonium polyspermum* Cosson. Cette florule est tout à fait comparable à celle des dayas nord-africaines, qui sont aussi des mares desséchées l'été.

Les conditions de milieu très spéciales réalisées par ces dayas font qu'elles

---

(¹) Séance du 9 avril 1947.

(²) *Teucrium cravense* n. sp. A *T. aristato*, cui valde affine, recedit radice annua ; caule sæpius unico, ramoso, erecto ; corollæ calycem valde superantis lobi anterioris elliptico-lanceolati marginibus revolutis ; staminibus valde exsertis ; achaeniis facie externa ecostatis.

hébergent des plantes sténéciques. c'est-à-dire adaptées à des conditions de vie très étroites et assez rarement réalisées sous le climat méditerranéen. Deux exemples remarquables de cette sténécie sont fournis par l'*Elatine Brochoni* Clavaud et par le *Benedictella Benoistii* Maire. La première de ces espèces, qui n'était connue jusqu'en 1926 qu'aux bords d'un étang de la Gironde, a été retrouvée dans trois dayas d'Algérie; on ne la trouve d'ailleurs pas tous les ans dans ces localités. La seconde n'est connue que dans quelques dayas marocaines, où on ne la trouve que dans les années moyennement pluvieuses; mais elle peut être cultivée dans une plate-bande ordinaire du Muséum sous le climat de Paris. Ces faits nous paraissent indiquer qu'il s'agit, au moins dans certains cas, de plantes ayant vécu autrefois sous un climat plus humide, et réfugiées aujourd'hui dans les dayas, où elles ne se maintiennent d'ailleurs que grâce à la germination hétérochrone de leurs graines; ce qui explique la rareté extrême de beaucoup d'entres elles, et en particulier celle des *Teucrium aristatum* et *cravense*.

MICROBIOLOGIE. — *Action du suc d'Agave sur le virus rabique.*
Note (1) de MM. **Paul Remlinger** et **Jacques Bailly**.

Poursuivant l'étude des facteurs protéolytiques sur le virus rabique, nous avons fait agir sur lui le suc d'Agave. Cette plante renferme une protéinase. Il était intéressant de rechercher si une enzyme végétale exerçait sur le virus la même action inactivante que les peptidases animales.

Agave americana L. — De la pulpe de parenchyme foliaire d'Agave americana var. foliis variegatis est pressée pour en extraire le suc. On obtient un liquide incolore légèrement louche qui, après un repos de 30 minutes, s'éclaircit par floculation et sédimentation. La décantation fournit une liqueur limpide qui est mélangée volume pour volume à une émulsion à 1/50 de bulbe rachidien de Lapin virus fixe. Les propriétés de la peptidase de l'Agave étant mal connues, il a paru nécessaire de faire varier le pH des mélanges depuis l'acidité pH = 0,8 jusqu'à l'alcalinité pH = 11. Deux témoins sont formés par l'émulsion diluée de son volume d'eau et ajustée à pH = 7,2 dans un cas, à pH = 11 dans l'autre. Après un séjour de 17 heures à l'obscurité à 15°, des échantillons de chaque mélange sont inoculés sous la dure-mère du Rat à la dose uniforme de $0^{cm^3},1$. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

	Suc d'Agave americana + émulsion.			Suc d'Agave + eau.	
	pH 6,8.	pH 7,2.	pH 11.	pH 7,2	pH 11.
Rat..........	∞	∞	∞	+	+
»	∞	∞	∞	+	+

∞, survie; +, mort de rage.

(1) Séance du 9 avril 1947.

Agave attenuata Salm. — Les feuilles sont débarrassées de leur épiderme et le parenchyme soumis à l'action d'une presse. On obtient un liquide trouble, blanchâtre, qui s'éclaircit par centrifugation. La liqueur limpide est ajoutée volume pour volume à une émulsion à 1/50 passée au papier filtre, de cerveau du Lapin virus fixe. On fait varier le pH par addition de quelques gouttes de lessive de soude très diluée. L'émulsion diluée de son volume d'eau sert de témoin. Après 17 heures de présence à 15° et à l'obscurité, on inocule de chaque mélange $0^{cm^3},02$ sous la dure-mère de la Souris.

	Suc d'Agave + Émulsion.			Émulsion + eau.
	pH 6,6.	pH 7,2.	pH 11.	pH 11.
Souris	∞	∞	∞	+
Souris	∞	∞	∞	+

Des sucs d'Aloès pris comme témoins se sont montrés incapables de détruire le virus rabique. Il en a été de même de diverses Papaïnes du commerce employées à 1/10 au voisinage de la neutralité : pH 7,2. Ces produits sont de simples drogues mal définies. Des résultats différents auraient sans doute été obtenus avec le suc même de Carica Papaya, suc qu'au Maroc il est malheureusement impossible de se procurer.

Les sucs de deux espèces d'Agaves exercent donc leur action sur le virus rabique dans les limites de pH assez tolérantes, depuis l'acidité (pH 6,6) jusqu'à l'alcalinité (pH 11). Ils doivent s'ajouter à la liste déjà longue des liquides organiques d'origine animale capables de détruire la virulence rabique *in vitro*. De ce qu'ils renferment des enzymes protéolytiques, on peut tirer un argument en faveur de la nature protéinique du virus rabique qui n'est pas encore sortie du domaine des hypothèses.

M. **Roger Heim** dépose sur le Bureau une *Notice* sur la vie et les travaux de son prédécesseur Alexandre Guilliermond, qui sera imprimée dans le Recueil des *Notices et Discours*.

M. **Eugène Delporte** fait hommage à l'Académie d'un fascicule extrait de la *Chronique d'Égypte* et intitulé *Papyrus Michigan III* 150.

DÉSIGNATIONS.

Le **Président de l'Association française pour l'étude du sol** invite l'Académie à désigner un de ses Membres pour la représenter au *Congrès international de Pédologie méditerranéenne*, qui se tiendra à Montpellier et à Alger du 1er au 20 mai 1947.

M. **Albert Demolon** est désigné.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Gaston Astre. *La Vie de Benjamin Balansa, botaniste explorateur.*

2° *The future of Nuclear Science. Princeton University. Bicentennial Conferences.* Series I. Conference I.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions bornées dans un anneau.* Note [1] de M. **Zeev Nehari.**

Dans une Note récente [2] nous avons obtenu des bornes pour la dérivée d'une fonction analytique définie et bornée dans un anneau $\rho^{\frac{1}{2}} < |z| < \rho^{-\frac{1}{2}}$ $(0 < \rho < 1)$ et, de plus, satisfaisant à la condition $f'(\pm 1) = 0$. Dans cette Note nous remplacerons la dernière condition par l'hypothèse $f(1) = f(-1)$ et démontrerons le théorème suivant :

Théorème. — *Soit $f(z)$ une fonction holomorphe et uniforme dans l'anneau $\rho^{\frac{1}{2}} < |z| < \rho^{-\frac{1}{2}}$, et soit $f(1) = f(-1)$ et $|f(z)| \leq 1$ dans cet anneau ; alors*

$$|f'(\pm 1)| \leq \mathfrak{S}_2(\rho^2)\,\mathfrak{S}_3(\rho^2) = 2\sqrt{\rho}\prod_1^{\infty}(1-\rho^{2n})^2\prod_1^{\infty}(1+\rho^{2n})^4.$$

Cette inégalité est la meilleure possible.

Démonstration. — Il suffit de démontrer le théorème pour le cas $f(1) = f(-1) = 0$, comme on le voit en considérant la fonction

$$f_1(z) = [f(z) - f(1)]\,[1 - \overline{f(1)}f(z)]^{-1}$$

pour laquelle

$$f_1(1) = f_1(-1) = 0 \qquad \text{et} \qquad f'_1(1) = f'(1)\,[1 - |f(1)|^2]^{-1}.$$

Par une coupure rectiligne de $z = -\rho^{-\frac{1}{2}}$ à $z = -\rho^{\frac{1}{2}}$, l'anneau donné se transforme en un domaine simplement connexe. Appelons $z = p(x)$ la fonction analytique représentant le cercle $|x| < 1$ conformément sur ce domaine et satisfaisant aux conditions $p(0) = 1$, $p'(0) > 0$. Par des raisons de symétrie il est clair que les points aux bords opposés de la coupure correspondent à des points conjugués sur la circonférence $|x| = 1$. Si $p(ie^{i\theta}) = -\rho^{-\frac{1}{2}}$, nous aurons d'une manière analogue

$$p(-ie^{-i\theta}) = -\rho^{-\frac{1}{2}}, \qquad p(ie^{-i\theta}) = -\rho^{\frac{1}{2}}, \qquad p(-ie^{i\theta}) = -\rho^{\frac{1}{2}}.$$

---

(1) Séance du 14 avril 1947.

(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1093.

La fonction $g(x)=f\{p(x)\}$ sera aussi holomorphe sur les arcs $|\arg \pm ix| < \theta$, $|x|=1$, et là nous aurons $g(x)=g(\bar{x})$; de plus, $g(0)=g(i)=g(-i)=0$, en vertu de $f(\pm 1)=0$.

Considérons maintenant la fonction $h(x)=g(x)\overline{g(\bar{x})}=|g'(0)|^2 x^2+\ldots$. $h(x)$ est bornée pour $|x|<1$ et holomorphe et non négative sur les arcs $|\arg \pm ix| < \theta$, $|x|=1$, et $h(\pm i)=0$. Nous allons démontrer que les propriétés de $h(x)$ entraînent l'inégalité $|h(x)| \leqq |H(x)|^2$, où

$$H(ie^{i\theta})=H(-ie^{-i\theta})=1, \qquad H(-ie^{i\theta})=H(ie^{-i\theta})=-1$$

et

$$w=H(x)=H'(0)x+\ldots \qquad (H'(0)>0)$$

représente $|x|<1$ conformément sur une surface de Riemann R définie comme suit : elle est composée de trois feuillets, l'un d'eux couvrant le cercle $|w|<1$ et les deux autres les demi-cercles $|w|<1$, $\mathcal{R}\{w\}>0$ et $|w|<1$, $\mathcal{R}\{w\}<0$ respectivement. R possède deux points de ramification, symétriques par rapport à l'axe réel, dont la position dépend de l'angle θ. La fonction $H(x)$ admet évidemment des valeurs réelles pour $|x|=1$, $|\arg \pm ix| < \theta$, et s'annule pour $x=\pm i$; sur les arcs complémentaires on a $|H(x)|=1$. Il n'est pas difficile de trouver une expression explicite pour la fonction algébrique $H(x)$, mais cela ne sera pas nécessaire.

La fonction $H(x)$ complètement définie, nous considérons le quotient $v(x)=h(x)/H^2(x)=|g'(0)|^2/H'^2(0)+\ldots$; $H(x)$ ne s'annulant dans $|x|<1$ que pour $x=0$ et ne possédant des zéros sur la circonférence $|x|=1$ qu'aux points $x=\pm i$, ces zéros étant simples, on conclut que $v(x)$ est holomorphe dans $|x|<1$ et aussi sur les arcs $|x|=1$, $|\arg \pm ix| < \theta$. De plus, $|H(x)|$ étant égal à 1 sur les arcs complémentaires et $|g(x)|$ étant borné, on aura $\overline{\lim_{t\to 1}}|v(te^{i\varphi})| \leqq 1$ pour $|\varphi| < (\pi/2)-\theta$, $|\pi-\varphi| < (\pi/2)-\theta$; pour $|(\pi/2)-\varphi| < \theta$ et $|(3\pi/2)-\varphi| < \theta$, $v(e^{i\varphi})$ est holomorphe et non négative. De ces propriétés on conclut que $|v(x)| \leqq 1$ pour $|x|<1$; en effet, si $v(x)$ n'était pas bornée et S désigne l'image conforme du cercle-unité par $w=v(x)$, S posséderait des points-frontière en dehors de $|w|=1$. De ce que nous venons de montrer il suit que les seuls points-frontière possibles en dehors de $|w|=1$ sont situés sur l'axe positif. Pour éviter une contradiction, il faut donc supposer que $w=\infty$ est aussi un point-frontière de S; mais cela est impossible, car dans les points pour lesquels $v(x)$ peut prendre des valeurs positives et supérieures à l'unité, $v(x)$ est holomorphe. Nous avons donc $|v(x)| \leqq 1$, d'où $|h(x)| \leqq |H(x)|^2$. Pour $x=0$, cela donne $|g'(0)| \leqq H'(0)$.

En vertu de la définition de $z=p(x)$, la fonction

$$\mathcal{F}(x)=H\{p^{-1}(z)\}=\left(\frac{H'(0)}{p'(0)}\right)(z-1)+\ldots$$

représente l'anneau $\rho^{\frac{1}{2}} < |z| < \rho^{-\frac{1}{2}}$ muni de la coupure rectiligne de $z=-\rho^{-\frac{1}{2}}$

à $z = -\rho^{\frac{1}{2}}$ sur la surface R. La fonction $f(z)$ peut être écrite sous la forme

$$f(z) = g\{p^{-1}(z)\} = \left(\frac{g'(0)}{p'(0)}\right)(z-1) + \ldots.$$

En vertu de $|g'(0)| \leqq H'(0)$, nous avons donc $|f'(1)| \leqq |\mathcal{F}'(1)|$. Cette inégalité est du type désiré, mais pour montrer qu'elle est bien la meilleure possible, il faut encore faire voir que la fonction $\mathcal{F}(z)$ est homolorphe et uniforme dans l'anneau complet, c'est-à-dire sans la coupure mentionnée. Pour cela, nous considérons la surface de Riemann R′ doublement connexe qui est composée de deux exemplaires du circuit-unité et possède deux points de ramification sur l'axe imaginaire également distants de l'origine; la fonction réelle représentant l'anneau sur R′ sera désignée par $w = \mathcal{F}^\star(z)$. Il est clair (par symétrie) que $\mathcal{F}^\star(1) = \mathcal{F}^\star(-1) = 0$; de plus, une coupure rectiligne de $z = -\rho^{-\frac{1}{2}}$ à $z = -\rho^{\frac{1}{2}}$ correspond à une coupure le long de l'axe réel de $w = -1$ à $w = 1$. Mais cette coupure transforme R′ en la surface R mentionnée ci-dessus. Par conséquent, $\mathcal{F}^\star(z) \equiv \mathcal{F}(z)$, et l'inégalité $|f'(1)| \leqq |\mathcal{F}'(1)|$ est donc exacte.

A l'aide des propriétés bien connues de la fonction elliptique $\operatorname{sn} u$, il est aisé de voir que la fonction $\mathcal{F}(z)$ est de la forme $\mathcal{F}(z) = i\sqrt{k}\operatorname{sn}\{-i\vartheta_3^2 \log z\}$, la fonction elliptique possédant les périodes $4k = 2\pi\vartheta_3^2(\rho^2)$, $2ik' = -i\log\rho\,\vartheta_3^2(\rho^2)$, d'où

$$|f'(\pm 1)| \leqq |\mathcal{F}'(\pm 1)| = 2\sqrt{\rho}\prod_1^\infty(1-\rho^{2n})^2\prod_1^\infty(1+\rho^{2n})^4.$$

THÉORIE DE LA MESURE. — *Sur la généralisation de la notion de système dérivant.* Note (¹) de M. **René de Possel**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Le but de cette Note est de généraliser et de compléter la théorie des systèmes dérivants que j'ai développée dans deux articles antérieurs (²). Un tel système sera maintenant constitué en associant à chaque point un filtre (³) sur l'ensemble des fonctions mesurables. Le théorème I ci-après généralise directement mes résultats anciens. Le théorème II donne une condition suffi-

---

(¹) Séance du 24 mars 1947.

(²) *Comptes rendus*, **201**, 1935, pp. 579-581, et *Journ. Math. pures et appliquées*, **15**, 1936, pp. 391-409 : *Sur la dérivation abstraite des fonctions d'ensemble*. Quelques-uns des résultats contenus dans ces deux articles semblent avoir été retrouvés indépendamment par Younovicht (*C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, **30**, 1941, pp. 112 à 114), analysé dans *Mathematical Reviews*, **2**, 1941, p. 353.

(³) L'intérêt qui s'attache à considérer des systèmes dérivants formés de filtres m'a été signalé en particulier par C. Pauc.

sante plus large que l'ancienne pour qu'un système soit fortement dérivant. Enfin la théorie sous sa nouvelle forme permet l'étude de la dérivation des fonctions d'ensemble quelconques à variation bornée comme je l'indiquerai dans une prochaine Note.

2. Considérons une mesure $m \geqq 0$, dénombrablement additive, définie pour des parties d'un ensemble E formant une *tribu* $\mathfrak{T}$ (c'est-à-dire contenant avec deux ensembles leur différence et avec une infinité dénombrable d'ensembles leur réunion). Désignons par $\mathfrak{T}'$ l'ensemble des éléments de $\mathfrak{T}$ de mesure finie, et supposons que E soit la réunion d'une infinité dénombrable d'ensembles de $\mathfrak{T}'$.

Rappelons que pour un ensemble A non mesurable, on définit une mesure extérieure $\overline{m}(A)$ et qu'il existe un ensemble mesurable $\overline{A} \supset A$ tel que $\overline{m}(A) = m(\overline{A})$; nous dirons qu'une propriété a lieu « en presque tout point x » si l'ensemble des points où elle n'a pas lieu est de mesure *extérieure* nulle.

Désignons par $\mathfrak{U}$ l'ensemble des fonctions $f(x)$ prenant des valeurs finies non négatives, nulles hors d'un ensemble de $\mathfrak{T}'$, mesurables par rapport à m, et telles que $\int f\,dm > 0$, par $\mathfrak{S}$ un système de filtres obtenu en associant à chaque point x de E un filtre $\mathfrak{F}_x$ sur $\mathfrak{U}$, et par $\vec{\mathfrak{Z}}$ une fonction d'ensemble dénombrablement additive, prenant ses valeurs dans un espace vectoriel normé complet, définie et à variation bornée sur tout ensemble de $\mathfrak{T}'$.

Posons, à condition que la limite existe,

$$\vec{D}(x) = \lim_{\mathfrak{F}_x} \frac{\int f\,d\vec{\mathfrak{Z}}}{\int f\,dm}.$$

3. Supposons de plus $\vec{\mathfrak{Z}}$ *de base* m, c'est-à-dire que $m(B) = 0$ entraîne $\vec{\mathfrak{Z}}(B) = 0$. Si $\vec{D}(x)$ existe pour presque tout point x et vérifie quel que soit $B \in \mathfrak{T}'$ l'égalité

$$\vec{\mathfrak{Z}}(B) = \int_B \vec{D}(x)\,dm,$$

c'est-à-dire si $\vec{D}(x)$ est une « pseudo-dérivée de Nikodym » de $\vec{\mathfrak{Z}}$, nous dirons que $\mathfrak{S}$ *dérive* $\vec{\mathfrak{Z}}$.

Nous dirons que $\mathfrak{S}$ est *faiblement dérivant* s'il dérive toute fonction $\vec{\mathfrak{Z}}$ *lipschitzienne*, c'est-à-dire vérifiant une inégalité $\|\vec{\mathfrak{Z}}(B)\| < k\,m(B)$, et *fortement dérivant* s'il dérive en outre toute fonction $\vec{\mathfrak{Z}}$ de base m. On démontre les théorèmes suivants :

Théorème I. — *Soit $\mathfrak{V}$ un système obtenu en associant à chaque point x un ensemble F_x de fonctions rencontrant tous les ensembles de $\mathfrak{F}_x$,* A *une partie de* E

telle que $0 < m(\overline{A}) < +\infty$. *Pour que* $\mathfrak{S}$ *soit faiblement dérivant il faut et il suffit que l'une des deux conditions suivantes soit vérifiée :*

A. *Quels que soient* $\mathcal{V}$, A *et* $\varepsilon > 0$, *il existe un point* x *de* A, *une fonction* ψ *de* F_x *et un nombre* $\lambda > 0$ *tels que*

$$\int \operatorname{Inf}(\varphi_{\overline{A}}, \lambda\psi)\, dm \geqq (1-\varepsilon) \int \lambda\psi\, dm$$

(Inf désigne la borne inférieure des deux fonctions, et φ_B la fonction caractéristique de l'ensemble B).

B. *Quels que soient* $\mathcal{V}$, A *et* $\varepsilon > 0$, *il existe un nombre fini de points* x_i *de* A, *de fonctions* ψ_i *appartenant à* F_{x_i}, *et de* $\lambda_i > 0$ *tels que*

$$\int |\varphi_{\overline{A}} - \Sigma\lambda_i\psi_i|\, dm < \varepsilon.$$

THÉORÈME II. — *Pour qu'un système* $\mathfrak{S}$ *soit fortement dérivant, il suffit qu'il vérifie la condition suivante :*

B*. *Quels que soient* $\mathcal{V}$ *et* A, *on peut trouver un ensemble* $A' \subset A$ [*avec* $m(\overline{A'}) > 0$], *et un nombre* $P > 0$, *tels que, pour tout* $\varepsilon > 0$, *il existe un nombre fini de points* x_i *de* A', *de fonctions* ψ_i *appartenant à* F_{x_i}, *et de* $\lambda_i > 0$, *vérifiant l'inégalité*

$$\int |\varphi_{\overline{A'}} - \Sigma\lambda_i\psi_i|\, dm < \varepsilon,$$

et d'autre part, en presque tout point x *n'appartenant pas à* $\overline{A'}$, *vérifiant* $\Sigma\lambda_i\psi_i(x) \leqq P$.

TOPOLOGIE. — *Note sur les produits essentiels symétriques des espaces topologiques.* Note (¹) de M. WEN-TSÜN WU, présentée par M. Élie Cartan.

Dans un espace topologique donné E prenons un ensemble arbitraire de n points $\{x_1, \ldots, x_n\}$ qui ne sont nécessairement pas tous différents. Deux ensembles $\{x_1, \ldots, x_n\}$ et $\{y_1, \ldots, y_n\}$ sont considérés comme identiques si chaque x_i est égal à un certain y_j et chaque y_i est égal à un certain x_j. Nous définissons, d'après MM. Borsuk et Ulam (²), dans cet espace une topologie d'une manière naturelle. L'espace topologique ainsi obtenu s'appelle produit essentiel symétrique de l'espace E et sera désigné par $E(n)$. L'objet de cette Note est d'étudier des propriétés topologiques et en particulier de déterminer les groupes d'homologie des espaces $I(n)$ et $C(n)$, où I est un intervalle fermé et C est un cercle.

Considérons d'abord le cas de $I(n)$. On remarque qu'un point de $I(n)$

(¹) Séance du 9 avril 1947.

(²) *Bull. Amer. Math. Soc.*, **37**, 1931, pp. 875-882.

peut être représenté par un ensemble des valeurs $\{x_1, \ldots, x_n\}$ telles que $0 \leqq x_1 \leqq \ldots \leqq x_n \leqq 1$.

Prenons dans l'espace euclidien à n dimensions R^n, $n+1$ points

$$\begin{aligned}
A_0 &= (0, 0, \ldots, 0, 0),\\
A_1 &= (1, 1, \ldots, 1, 1),\\
A_2 &= (0, 1, \ldots, 1, 1),\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\\
A_n &= (0, 0, \ldots, 0, 1).
\end{aligned}$$

Désignons par $[x_0, \ldots, x_n]$ le point du simplexe $\sigma^n = A_0 A_1 \ldots A_n$ dont les coordonnées barycentriques sont $x_0, \ldots, x_n$. La transformation

$$f:\quad [x_0, \ldots, x_n] \;\rightarrow\; \{x_1, x_1 + x_2, \ldots, x_1 + \ldots + x_n\}$$

est une transformation continue de σ^n sur $I(n)$. Deux points $[x_0, \ldots, x_n]$ et $[y_0, \ldots, y_n]$ ont la même image s'il existe des entiers $i_1 \geqq 1, \ldots, i_k \geqq 1$, $j_1 \geqq 1, \ldots, j_k \geqq 1$ tels que l'on ait

$$\sum_{i=0}^{n} x_i = \sum_{i=0}^{n} y_i = 1,$$

$$\begin{array}{llll}
x_2 = \ldots = x_{i_1} & = 0, & y_2 = \ldots = y_{j_1} & = 0,\\
x_{i_1+2} = \ldots = x_{i_1+i_2} & = 0, & y_{j_1+2} = \ldots = y_{j_1+j_2} & = 0,\\
\ldots\ldots\ldots\ldots & & \ldots\ldots\ldots\ldots & \\
x_{i_1+\ldots+i_{k-1}+2} = \ldots = x_{i_1+\ldots+i_k} & = 0; & y_{j_1+\ldots+j_{k-1}+2} = \ldots = y_{j_1+\ldots+j_k} & = 0;
\end{array}$$

$$\begin{aligned}
x_0 &= y_0,\\
x_1 &= y_1,\\
x_{i_1+1} &= y_{j_1+1},\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\\
x_{i_1+\ldots+i_{k-1}+1} &= y_{j_1+\ldots+j_{k-1}+1}.
\end{aligned}$$

Il en résulte que l'espace déduit de σ^n par l'identification de toutes les paires de simplexes ordonnés

$$\begin{array}{lll}
A_0 A_1 A_{i_1+1} & \ldots & A_{i_1+\ldots+i_{k-1}+1},\\
A_0 A_1 A_{j_1+1} & \ldots & A_{j_1+\ldots+j_{k-1}+1}
\end{array}$$

est homéomorphe à $I(n)$. Nous avons donc le théorème suivant :

Théorème I. — *Soit* $I'(n)$ *le complexe déduit du simplexe* $A_2 \ldots A_n$ *par l'identification de tous les simplexes ordonnés de la table suivante :*

$$\begin{array}{lll}
A_3 A_4 A_5 & \ldots & A_{n-1} A_n,\\
A_2 A_4 A_5 & \ldots & A_{n-1} A_n,\\
A_2 A_3 A_5 & \ldots & A_{n-1} A_n,\\
\ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots\\
A_2 A_3 A_4 & \ldots & A_{n-2} A_{n-1}.
\end{array}$$

Alors $I(n)$ *est homéomorphe à l'union de* $I'(n)$ *et d'un intervalle* $A_0 A_1$.

Borsuk et Ulam ont démontré que $I(n)$ ne peut pas être plongé dans R^n lorsque $n \geq 4$. Avec notre théorème il serait facile de voir que $I(4)$ peut être plongé dans R^5. En effet $I'(4)$ est un triangle $A_2A_3A_4$ avec l'identification des côtés A_2A_3, A_2A_4, A_3A_4. Donc $I'(4)$ peut être plongé dans R^3. En prenant dans R^5 un intervalle A_0A_1 sur une droite qui ne rencontre pas R^3, on voit que l'union de A_0A_1 et $I'(4)$, c'est-à-dire $I(4)$, est plongé dans R^5. Ce théorème a été démontré par M. Haratomi (³).

L'espace $C(n)$ se déduit de $I(n)$ par l'identification des points frontières 0 et 1 de l'intervalle I. Cela correspond à l'identification des points

$$[y_1, 0, y_2, \ldots, y_n] \quad \text{et} \quad [0, y_2, \ldots, y_n, y_1].$$

Cette observation conduit aux résultats suivants :

Théorème II. — $C(n)$ *est homéomorphe au complexe déduit de* σ^n *par les identifications de la table suivante* :

$$\left\{\begin{array}{lcl} A_0A_1A_3A_4A_5 & \ldots & A_{n-1}A_n \\ A_0A_1A_2A_4A_5 & \ldots & A_{n-1}A_n \\ A_0A_1A_2A_3A_5 & \ldots & A_{n-1}A_n \\ \ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ A_0A_1A_2A_3A_4 & \ldots & A_{n-2}A_{n-1}, \end{array}\right.$$

$$\left\{\begin{array}{lcl} A_0A_2A_3 & \ldots & A_n \\ A_nA_1A_2 & \ldots & A_{n-1}. \end{array}\right.$$

Théorème III. — $C(n)$ *est une* H-*sphère lorsque* n *est impair. Pour* n *pair, les seuls groupes d'homologie non nuls sont* H^0 *et* H^{n-1}, *qui sont d'ailleurs isomorphes au groupe additif des entiers.*

Comme $I(n)$ est un H-simplexe, toutes les transformations de $I(n)$ en lui-même ont au moins un point fixe. La situation est différente pour $C(n)$. Soient $0 \leq \theta \leq 2\pi$ la coordonnée angulaire sur C et α une valeur inférieure à $2\pi/n$. La transformation

$$f: \{\theta_1, \ldots, \theta_n\} \to \{\theta_1 + \alpha, \ldots, \theta_n + \alpha\}$$

est une transformation de $C(n)$ en lui-même qui ne possède pas de points fixes.

HYDRAULIQUE. — *Manœuvre provoquant la surpression maxima pour une fermeture bilinéaire. Application à l'usine des Brévières.* Note (¹) de M. Léopold Escande, transmise par M. Charles Camichel.

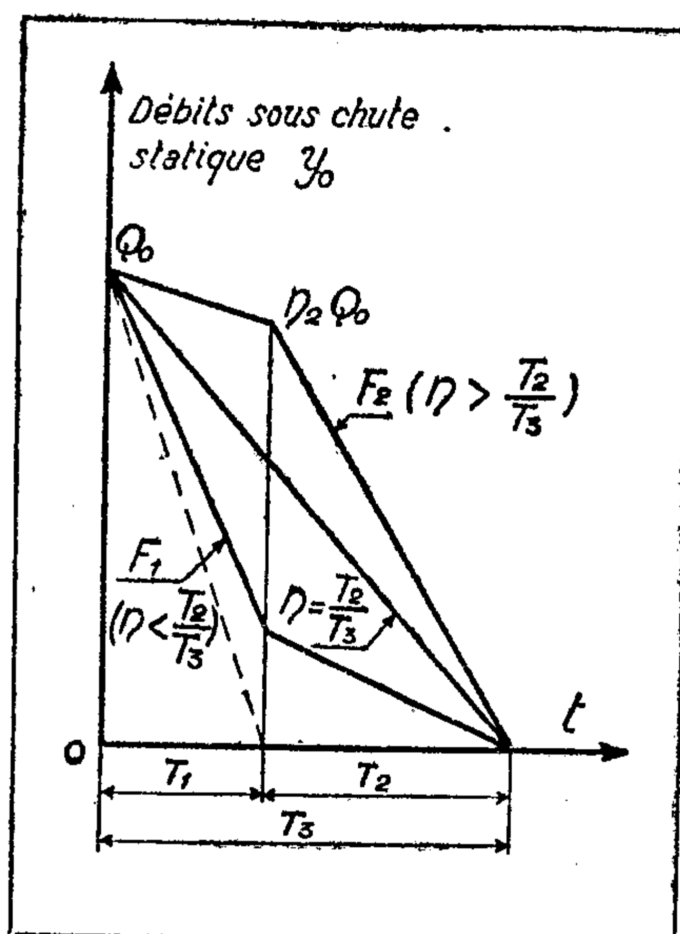
Dans le cas d'une variation linéaire, M. Gariel a démontré que la surpression maxima est atteinte lors d'une fermeture complète intervenant à partir d'une

(³) *Jap. Journal of Math.*, 9, 1932, pp. 103-110.

(¹) Séance du 9 avril 1947.

ouverture initiale de débit $Q_0\theta/T$ (Q_0 débit maximum, T durée de la fermeture de Q_0 à o, $\theta = 2L/a$, durée d'un aller-retour d'onde d'un bout à l'autre de la conduite); cette fermeture, de durée θ, produit au distributeur une surpression donnée par la formule classique de Michaud.

Lorsque les turbines comportent des déchargeurs, leur manœuvre, combinée à celle du vannage pendant une durée T_1, puis seule, durant le temps T_2, conduit à une loi d'arrêt du débit Q_0 qu'on peut représenter, dans l'hypothèse la plus simple, par deux variations linéaires consécutives, le débit conduite variant de Q_0 à ηQ_0 pendant T_1, puis de ηQ_0 à o pendant T_2. Comme l'indique la figure, deux cas peuvent se présenter : suivant que η est plus petit (loi F_1) ou plus grand (loi F_2) que la valeur T_2/T_3 pour laquelle la vitesse de fermeture serait uniforme et égale à Q_0/T_3 d'un bout à l'autre de la manœuvre.



Dans ces conditions, l'étude critique des diverses manœuvres susceptibles d'intervenir nous a permis de mettre en évidence les résultats suivants : la surpression maximum:

$$\zeta_{max} = \lambda \frac{KQ_0}{\mu}, \qquad \text{avec} \quad K = \frac{\theta}{T_1}, \qquad \mu = \frac{gs}{a},$$

s désignant la section de la conduite, peut se produire, suivant les données numériques, dans l'une ou l'autre des manœuvres suivantes :

1° Avec la loi F_1, lors d'un déclenchement intervenant à partir d'un débit initial $Q_0\theta/T_1$; on a alors

$$\lambda = \lambda' = 1 + \frac{KQ_0\eta^2}{2\mu y_0} - \eta\sqrt{1 + \frac{KQ_0}{\mu y_0}\left(1 + \frac{KQ_0\eta^2}{4\mu y_0}\right)}.$$

2° Avec la loi F_2, lors d'un déclenchement intervenant à partir d'un débit

initial $Q_0\theta/T_2$; on doit alors retenir pour λ la plus forte des deux valeurs suivantes :

$$\lambda=\lambda_A=\frac{T_1}{T_2}\left\{1+\frac{KQ_0}{\mu}\frac{\eta^2}{2y_0}\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^3-\eta\frac{T_1}{T_2}\sqrt{1+\frac{KQ_0}{\mu}\frac{1}{y_0}\frac{T_1}{T_2}\left[1+\frac{KQ_0}{\mu}\frac{\eta^2}{4y_0}\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^3\right]}\right\},$$

$$\lambda=\lambda_B=\frac{T_1}{T_2}\left\{-1+\frac{KQ_0}{\mu}\frac{\eta^2}{y_0}\frac{T_1}{T_2}\left[-1+\sqrt{\frac{4y_0}{\left(\frac{KQ_0}{\mu}\frac{T_1}{T_2}\eta\right)^2}\left(y_0+\frac{KQ_0}{\mu}\frac{T_1}{T_2}\right)}\right]\right\}.$$

3° Dans les deux cas, loi F_1 ou F_2, lors d'une suppression de la charge de $Q_0\theta/T_3$ à zéro avec une vitesse de coupure Q_0/T_3 du débit conduite juste suffisante pour ne pas faire entrer en action le déchargeur : cette manœuvre *Michaud,* qui ne correspond pas à un simple déclenchement, sans être absolument irréalisable, se rattache toutefois à une probabilité des plus faibles; on a alors

$$\lambda=\lambda_M=\frac{T_1}{T_3}.$$

Conclusion. — On voit que la surpression maxima et les circonstances de son apparition s'obtiennent immédiatement en retenant la plus forte des valeurs comparées de :

λ_M et λ' pour une loi de fermeture F_1;

λ_M, λ_A et λ_B pour une loi de fermeture F_2.

Application à la chute des Brevières. — La grande variation de chute de cette usine a conduit M. le directeur Thaller, Maître de l'Œuvre, et les Établissements Schneider, à étudier une régulation comportant une fermeture bilinéaire du débit conduite pouvant se présenter, selon la hauteur de chute et suivant les variantes envisagées, sous la forme F_1 ou sous la forme F_2.

Soit ξ'' le maximum de la surpression consécutive à un déclenchement à pleine charge ($Q=Q_0$), les considérations précédentes conduisent aux résultats suivants ($T_1=4,675$ sec., $K=0,40$, $\mu=0,0855$) :

a. Variantes F_1. — $Q_0=50\,\text{m}^3/\text{sec}$, $\eta=0,72$, $T_2=24,8$ sec;

avec $y_0=220^{\text{m}}$:

$$\xi_{max}(\lambda')=47^{\text{m}},5 \qquad \text{et} \qquad \xi''=36^{\text{m}},$$

avec $y_0=87^{\text{m}}$:

$$\xi_{max}(\lambda_M)=34^{\text{m}},5 \qquad \text{et} \qquad \xi''=31^{\text{m}},5.$$

b. Variantes F_2. — $T_2=42,1$ sec;

avec $y_0=130^{\text{m}}$, $Q_0=50\,\text{m}^3/\text{sec}$, $\eta=0,935$:

$$\xi_{max}(\lambda_M)=23^{\text{m}},40 \qquad \text{et} \qquad \xi''=12^{\text{m}},50;$$

avec $y_0=87^{\text{m}}$, $Q_0=39,2\,\text{m}^3/\text{sec}$, $\eta=0,975$:

$$\xi_{max}(\lambda_B)=19^{\text{m}},20 \qquad \text{et} \qquad \xi''=11^{\text{m}},25.$$

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Le plus profond réseau souterrain du monde à la Dent de Crolles.* Note (¹) de M. **Pierre Chevalier**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Le Spéléo-Club Alpin de Lyon terminé l'exploration du réseau souterrain de la Dent de Crolles, massif de 2066ᵐ qui domine la vallée de l'Isère, à une quinzaine de kilomètres de Grenoble.

Ce réseau est actuellement le plus profond du monde, la dénivellation entre ses orifices extrêmes atteignant 658ᵐ. Jusqu'à cette année ce record de la spéléologie était détenu par le gouffre italien de la Preta avec 637ᵐ. Mais tandis que ce dernier est constitué par une succession de grands ressauts verticaux, la Dent de Crolles renferme un réseau hydrogéologique complet, déroulant ses 17ᵏᵐ de galeries entre le plateau d'absorption et la résurgence du Guiers Mort, ce qui le classe également comme une des plus longues grottes d'Europe.

L'exploration de cet immense réseau peut être considérée comme la plus difficile des réalisations spéléologiques connues, du fait de la multiplicité des obstacles rencontrés.

E. A. Martel, en 1899, puis un groupement grenoblois, de 1920 à 1933, enfin Robert de Joly, en 1933, avaient parcouru environ 2ᵏᵐ de galeries au Trou du Glaz, où de Joly avait atteint une profondeur de 119ᵐ et montré par un essai de coloration la correspondance avec le Guiers Mort.

En 1935, Pierre Chevalier prend la direction des recherches. Avec ses principaux coéquipiers, Fernand Petzl et Charles Petit-Didier, durant onze années, il organise une soixantaine d'expéditions, totalisant plus de 1000 heures sous terre. Actuellement le réseau comprend six entrées, dont quatre sont déjà reliées entre elles ou sur le point de l'être : les plus anciennement connues sont le Trou du Glaz (1697ᵐ) sur la face Ouest de la Dent de Crolles, et la Grotte du Guiers Mort (1311ᵐ), résurgence de tout le réseau hydrologique, à la base de la face Nord.

De 1935 à 1938, l'équipe explore le Trou du Glaz, descendant cinq réseaux de grands puits dont plusieurs dépassent 60ᵐ. Ces puits, fortement arrosés par des cascades à 4 degrés, sont un des plus pénibles obstacles du Glaz. L'équipe atteint ainsi une profondeur de 224ᵐ, mais sans trouver d'issue en direction du Guiers Mort.

En 1939 le réseau est attaqué par sa résurgence, la Grotte du Guiers Mort, connue sur 200ᵐ seulement, et terminée par un siphon. Deux désobstructions étant coup sur coup réussies dans une petite galerie supérieure, la progression est reprise à plat ventre le long de 500ᵐ de boyaux très bas, et l'on retrouve

(¹) Séance du 14 avril 1947.

enfin le torrent souterrain, qui serpente au fond d'un cañon profond de 15^m. Par une succession de galeries et de boyaux, de bassins et de cascades, Chevalier et Petzl remontent en septembre 1940 le cours du Guiers Mort sur 2^{km}, et parviennent à l'aplomb des galeries du Glaz.

Enfin, en 1941, ils parviennent à suivre intégralement un système complexe de fissures extrêmement étroites et d'énormes puits qui les conduit du Glaz jusqu'aux galeries du Guiers Mort découvertes l'année précédente. L'ensemble, avec ses 427^m de dénivellation, est alors le goufre le plus profond de France.

Après ce premier succès, c'est au problème de l'origine du réseau que l'on va s'attaquer. Celle-ci est double, car au réseau en activité qui prend naissance dans les lapiaz du plateau, s'ajoute un réseau fossile dont on ignore les entrées possibles. Des recherches systématiques, basées sur l'étude scientifique du réseau, conduisent en 1943 à la découverte au Glaz d'une nouvelle galerie. Après un parcours de 2^{km}, celle-ci se termine par un éboulement que les relevés topographiques situent à proximité de la face Est de la Dent de Crolles.

Cette nouvelle donnée amène la découverte de trois grottes qui s'ouvrent à la base de la face Est.

La première, grotte Pierre Chevalier, n'est à première vue qu'un abri sous roche; mais après quelques heures de travail, le fond formé d'éboulis est débouché et donne accès à une immense grotte, dont la galerie principale s'enfonce à 160^m sous l'entrée pour un parcours de 800^m, avec les dimensions exceptionnelles de 20 à 30^m de largeur pour 8 à 10 de hauteur.

La deuxième, grotte Annette Bouchacourt, obstruée à 60^m de l'entrée, est attaquée à son tour; c'est par elle que l'on rejoindra les galeries du Glaz en 1946, après avoir forcé cinq passages qui demanderont de longs travaux de désobstruction. La troisième, grotte Fernand Petzl, est un autre accès vers la grotte Chevalier.

Reste enfin le problème le plus difficile : suivre le trajet de l'eau entre le plateau et les puits du Glaz. Ayant exploré en vain les gouffres du plateau et essayé sans succès de désobstruer le fond de plusieurs d'entre eux, l'équipe s'attaque en 1942 à la remontée des grands puits verticaux qui débouchent dans le Glaz. Utilisant un mât démontable de 18^m, elle parvient par une succession de manœuvres souvent très risquées, à escalader en 1945 le principal de ces puits, qui atteint en plusieurs ressauts une hauteur totale de 100 mètres.

Poursuivant son avance vers le haut par d'étroits méandres, elle accède à une nouvelle série de puits qu'elle remonte en août 1946. L'ultime expédition dure 35 heures; arrivée à près de 250^m au-dessus de sa base de départ, elle est arrêtée devant une dernière fissure, trop étroite pour laisser le passage d'un homme, mais par laquelle on aperçoit le jour éclairant les parois d'un puits.

Après de longues recherches sur le plateau, celui-ci est identifié : c'est un des grands gouffres du lapiaz, le P. 40, qui s'ouvre à 1969^m d'altitude. Jusqu'à présent, seule une barre à mine envoyée par l'intérieur a franchi le court espace

séparant les deux côtés de la fissure et est ressortie par le P. 40; mais il ne faudra que quelques heures de travail au printemps prochain pour forcer ce dernier passage et mettre un point final à l'exploration du plus grand gouffre du monde.

Les résultats scientifiques recueillis au cours de ces expéditions feront l'objet d'une Communication ultérieure.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les concepts fondamentaux de la théorie physique. Énergie et action.* Note [1] de M. **Georges-Albert Boutry.**

L'espace et le temps ont été longtemps utilisés par la théorie physique comme des données directes. Leur emploi comme grandeurs fondamentales avait le grand avantage de permettre des raisonnements très concrëts. Cet avantage a grandement diminué lorsque la théorie de la relativité est venue changer nos idées à leur égard. Il est opparu que la notion commune du continuum espace-temps n'est pas physiquement utile en toute rigueur Il a fallu la réviser et cette révision l'a remplacée par un concept très abstrait.

D'autre part, il est permis de se demander dans quelle mesure les notions d'espace et de temps sont bien des données directes. L'auteur de la présente Note a eu l'occasion de remarquer que les perceptions de nos sens paraissent toutes d'ordre énergétique et que c'est leur analyse qui nous conduit aux notions de force et d'espace [2]. Il a constaté depuis qu'il n'avait rien dit de nouveau : la même idée a été exprimée par Ampère, de manière voisine [3]. Quant au concept de temps, il est bien difficile de le considérer comme concret; s'il est direct, il est diffus et d'ordre intérieur.

De telles considérations, résumées ici avec une extrême brièveté, amènent à se demander s'il n'est pas possible d'élaborer une théorie physique dans laquelle le continuum espace-temps céderait la place, dans l'ordre des grandeurs fondamentales à d'autres concepts plus satisfaisants, c'est-à-dire moins discutés dans leur essence, ou plus immédiats que lui.

Un premier concept qui pourrait convenir à cet égard est celui d'énergie, W, considéré comme donnée sensorielle immédiate sous certaines de ses formes. D'après une Note précédente [4], le remplacement comme grandeur fondamentale de [L] par [W] est possible, la notion de temps étant conservée dans cette transformation. Dans une telle conception, les grandeurs ν, ε,... qualifieraient l'énergie sous ses diverses formes; le concept d'espace deviendrait une

---

(1) Séance du 31 mars 1947.

(2) *Introduction à l'Art de la Mesure*, Paris, 1942.

(3) *Correspondance d'André Ampère*, 1, lettres 147, 149.

(4) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1052.

conséquence de ces deux derniers; il ne pourrait exister d'espace que s'il existe de l'énergie : il n'y aurait pas d'*espace en soi*.

Cela fait, remplacer le concept fondamental de temps devient malaisé. Une proposition qui paraît raisonnable à cet égard concerne le concept d'*action*. On ne prétend pas que ce concept soit plus immédiat ou plus concret; tout au contraire, comme M. L. de Broglie l'a noté ([5]), l'action a un caractère tout abstrait. Mais, si embarrassant qu'il soit à manier, le rôle considérable que ce concept paraît destiné à jouer dans toute théorie physique générale ne semble plus nié par personne. Or, entre les dimensions de l'*action*, de l'*énergie* et du *temps* existe la relation très simple

$$[A]=[W][T]. \tag{1}$$

Une définition du temps doit donc pouvoir être obtenue par référence à des postulats fondamentaux concernant l'énergie, d'une part, l'action, d'autre part.

Cela posé, le postulat de Newton-Einstein admis, les équations de passage entre le système classique et le système nouveau s'écrivent comme

$$[T]=[A][W]^{-1}; \qquad [M]^5=[W][A]^2[\nu]^2; \qquad [L]^5=[W]^{-3}[A]^4[\nu]^{-1}. \tag{2}$$

Une transformation analogue est possible dans une théorie physique qui rejetterait le Postulat de Newton-Einstein. La symétrie statique exprimée par

$$[m]^2[\nu]^{-1}=[q]^2[\varepsilon]^{-1}=\ldots \tag{3}$$

est naturellement conservée. L'énergie cinétique qui apparaît dans les phénomènes dynamiques est alors qualifiée par une grandeur fondamentale indépendante, la masse (inerte) [M], exactement comme [ν], [ε], ... qualifient les autres formes de l'énergie. Le logicien note, pourtant, que dans nos idées actuelles, M a un caractère *localisé* alors que les grandeurs ν, ε, ... sont *diffuses*.

Le rejet du Postulat de Newton-Einstein entraîne une modification des dimensions de [L]. Les bases du système et les équations de passage sont désormais

$$\left\{\begin{array}{l} [A],\ [W],\ [M],\ [\nu],\ [\varepsilon],\ \ldots, \\ [T]=[A][W]^{-1}, \qquad [L]=[A][W]^{-\frac{1}{2}}[M]^{-\frac{1}{2}}, \end{array}\right. \tag{4}$$

les dimensions des *charges* et des *graves* s'écrivent alors

$$[m]^4=[A]^2[W][M]^{-1}[\nu]^2, \qquad [q]^4=[A]^2[W][M]^{-1}[\varepsilon]^2, \qquad \ldots. \tag{5}$$

En résumé :

1° Le continuum espace-temps, considéré en soi est une notion qui ne paraît pas relever de l'ordre physique. Une espace où il n'y a pas d'énergie, un temps

---

([5]) L. DE BROGLIE, *Thèse*, Paris, 1924, p. 11.

d'où toute action est absente sont deux concepts qu'aucun phénomène physique ne semble légitimer.

2° L'emploi comme grandeurs fondamentales de l'espace et du temps dans la théorie physique n'est pas une nécessité. Si l'esprit humain est capable d'un effort d'abstraction suffisant, il doit être possible d'élaborer une théorie physique dans laquelle les concepts fondamentaux d'énergie et d'action remplacent ceux d'espace et de temps. La troisième grandeur fondamentale d'un tel système, multiple, caractérise la forme d'énergie étudiée. Le caractère géométrique d'une semblable théorie serait fort affaibli. Il serait désirable de chercher ce qu'y deviendrait la notion de causalité.

PHYSIQUE. — *Dispositif amplificateur des faibles déviations d'un galvanomètre.* Note (1) de M. **Raymond Birebent**, transmise par M. Charles Camichel.

Poursuivant des recherches qui impliquent la mesure de courants de très faible intensité, nous avons été amené à mettre au point un dispositif permettant d'amplifier les déviations d'un galvanomètre. Son principe, très simple, qui le rend aisément réalisable dans tout laboratoire, est le suivant :

Le galvanomètre parcouru par le courant à mesurer projette un spot ayant la forme d'un triangle isocèle de base verticale sur une fente parallèle à la base du triangle et située dans le plan focal d'une lentille achromatique. En arrière de cette lentille est placée une cellule photo-électrique à couche d'arrêt. Les déplacements du spot par rapport à la fente faisant varier le flux lumineux reçu par la cellule, un deuxième galvanomètre, monté dans le circuit de celle-ci, donne une déviation fonction du déplacement du spot et par suite du courant qui passe dans le premier galvanomètre.

La source de lumière utilisée est une lampe à filament de tungstène, enroulé en hélice, 8 volts 6 ampères. Les rayons sont rendus parallèles par une lentille devant laquelle est placé un diaphragme métallique percé d'une ouverture triangulaire (triangle isocèle de 10^{mm} de base et de 10^{mm} de hauteur). Le parallélisme des rayons permet de les recueillir en totalité sur le miroir du galvanomètre. D'autre part, la lentille doit avoir une distance focale grande par rapport au pas de l'hélice formée par le filament, sinon l'éclairement du spot n'est pas uniforme. (11^{cm} pour un pas de $0^{mm},4$ et une longueur totale du filament de 3^{mm}.)

L'étalonnage de ce dispositif a montré que les déviations du deuxième galvanomètre étaient proportionnelles au courant qui circulait dans le premier, le coefficient d'amplification obtenu dans le montage réalisé avec deux galvanomètres de sensibilités respectives $4,7.10^{-9}$ A et $4,8.10^{-9}$ A étant voisin de 70.

(1) Séance du 9 avril 1947.

On peut d'ailleurs l'augmenter en diminuant la hauteur du triangle par rapport à sa base, mais on réduit d'autant l'intervalle de mesure.

En outre, le système récepteur (fente, cellule) peut être déplacé latéralement au moyen d'une vis micrométrique portant un tambour gradué. Comme les déplacements relatifs du spot par rapport à la fente interviennent seuls, on peut, la sensibilité du premier galvanomètre étant connue, soit étalonner le système amplificateur en déplaçant la fente par rapport au spot maintenu fixe, soit effectuer les mesures en compensant le déplacement du spot par un déplacement en sens inverse de la fente. Quand cette compensation est réalisée, c'est-à-dire quand le courant fourni par la cellule a repris son intensité initiale, on lit directement sur le tambour gradué la valeur du déplacement du spot du premier galvanomètre.

Dans le cas où celui-ci est utilisé comme appareil de zéro, on dispose initialement la fente à mi-hauteur du triangle. Les déviations du deuxième galvanomètre reproduisent alors, amplifiées, celles du premier.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur le circuit en hélice utilisé dans le tube à ondes progressives.* Note [1] de M. **Élie Roubine**.

L'hélice utilisée dans le tube à ondes progressives a pour effet de guider avec une vitesse réduite une onde électromagnétique [2]. On se propose de donner les éléments, au moins approchés, d'une ligne de transmission équivalente. On y parvient au moyen du calcul approché du champ électromagnétique dans l'espace. Une première simplification consiste à substituer à l'hélice une distribution continue de courant $\vec{J}$ sur la surface du cylindre sur lequel elle est tracée.

$$J = \frac{I}{2\pi a \sin\alpha}.$$

Si l'on attribue à la densité J une valeur constante sur tout cercle de section droite, pour ne considérer qu'une propagation axiale [3], on remplace le champ réel par un champ approché de révolution. Le problème consiste alors à raccorder à travers la surface du cylindre une solution intérieure et une solution extérieure. Chacune d'elles est formée d'une onde (E) et d'une onde (H) de révolution. Sur le cylindre le champ électrique est normal à la direction de l'hélice, sa composante tangentielle est continue et le champ magnétique subit une discontinuité mesurée par $4\pi J$. On parvient alors au moyen d'une nouvelle approximation consistant dans l'emploi des expressions asymptotiques des fonctions de Bessel à la solution suivante :

(1) Séance du 9 avril 1947.
(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1101.
(3) J. R. Pierce, *P. I. R. E.*, 1947, p. 111.

Solution intérieure :

$$E_r = -\frac{\eta}{\sin\alpha}\sqrt{\frac{2\pi\beta}{a}}\,e^{-\beta a}\,I\,I_1(\beta r), \qquad H_r = j\frac{1}{\sin\alpha}\sqrt{\frac{2\pi\beta}{a}}\,e^{-\beta a}\,I\,I_1(\beta r),$$

$$E_\varphi = -j\eta\sqrt{\frac{2\pi\beta}{a}}\,e^{-\beta a}\,I\,I_1(\beta r), \qquad H_\varphi = -\sqrt{\frac{2\pi\beta}{a}}\,e^{-\beta a}\,I\,I_1(\beta r),$$

$$E_z = -j\eta\,\text{cotg}\,\alpha\sqrt{\frac{2\pi\beta}{a}}\,e^{-\beta a}\,I\,I_0(\beta r); \qquad H_z = \text{cotg}\,\alpha\sqrt{\frac{2\pi\beta}{a}}\,e^{-\beta a}\,I\,I_0(\beta r).$$

Solution extérieure :

$$E_r = \frac{\eta}{\sin\alpha}\sqrt{\frac{2\beta}{\pi a}}\,e^{\beta a}\,I\,K_1(\beta r), \qquad H_r = j\frac{1}{\sin\alpha}\sqrt{\frac{2\beta}{\pi \alpha}}\,e^{\beta a}\,I\,K_1(\beta r),$$

$$E_\varphi = -j\eta\sqrt{\frac{2\beta}{\pi a}}\,e^{\beta a}\,I\,K_1(\beta r), \qquad H_\varphi = \sqrt{\frac{2\beta}{\pi a}}\,e^{\beta a}\,I\,K_1(\beta r),$$

$$E_z = j\eta\,\text{cotg}\,\alpha\sqrt{\frac{2\beta}{\pi a}}\,e^{\beta a}\,I\,K_0(\beta r); \qquad H_z = -\text{cotg}\,\alpha\sqrt{\frac{2\beta}{\pi a}}\,e^{\beta a}\,I\,K_0(\beta r),$$

où l'on a posé $\eta = \sqrt{\mu/\varepsilon}$ et $\beta = k\,\text{cotg}\,\alpha$. Le facteur de propagation $e^{-j(k/\sin\alpha)z}\,e^{j\omega t}$ est sous-entendu.

Le champ décroît très vite au voisinage de la couche conductrice. A une distance h de celle-ci, on trouve un affaiblissement de l'ordre de $4,34$ $[2\beta \pm (1/a)]\,10^{-3}$ db/mm : $\pm$ suivant qu'on se place à l'intérieur ou à l'extérieur du cylindre.

Le calcul de la puissance transportée est immédiat par le vecteur de Poynting. On trouve ainsi une puissance

$$W = \frac{I^2}{2\,\omega\varepsilon\,a\cos\alpha}$$

également répartie entre l'intérieur et l'extérieur de la couche.

La relation $W = (1/2)Z_c I^2$ conduit alors à l'expression d'une impédance caractéristique Z_c

$$Z_c = \frac{1}{\omega\varepsilon\,a\cos\alpha}.$$

La vitesse axiale des ondes guidées étant $v\sin\alpha$, on obtient aisément les coefficients linéiques d'inductance propre et de capacité de la ligne équivalente

$$L = \frac{2\eta}{\omega a\sin 2\alpha},$$

$$C = \omega\varepsilon^2\eta\,a\,\text{cotg}\,\alpha.$$

Enfin, il est facile de voir que la tension $V = Z_c I$ attachée à la ligne équivalente est égale à la circulation du champ électrique sur la portion intérieure

ou extérieure du rayon vecteur

$$v = \int_a^{\infty} E_r^{\text{ext.}}\, dr = \int_a^{0} E_r^{\text{(int.)}}\, dr.$$

MAGNÉTOPHORÈSE. — *Le mouvement en hélice des particules dans un champ magnétique constant uniforme*. Note (¹) de M. FÉLIX EHRENHAFT.

Dans un champ magnétique constant uniforme, une particule de matière s'oriente, mais ne se déplace pas d'un mouvement de translation comme l'a indiqué Pétrus Peregrinus (1269). Dans un tel champ (diamètre des pôles de l'aimant 1^{cm} et distance de ces pôles environ 1^{cm},5), et pour des valeurs variables de ce champ, on peut observer que des particules de différentes sortes et par exemple des particules de fer, nickel, manganèse, chrome, antimoine, etc., décrivent des trajets que l'on observe en éclairage oblique au microscope. Les pôles de l'aimant sont réunis et mis à la terre et tout l'aimant peut être placé dans une cage de Faraday. Les particules des substances en question décrivent des trajets de montée ou de descente à la même place, des trajectoires en hélice et des parties d'hélice (*fig.* 1).

L'expérience peut être faite en couvrant les pôles de mica. La dimension des particules est comprise entre 10^{-3} et 10^{-4} cm.

Lily Rona Ehrenhaft a observé à la même place deux particules se déplaçant en hélice toutes les deux vers le haut, l'une droite, l'autre gauche. On a réussi à photographier le phénomène en utilisant une chambre miflex à oculaire latéral. La figure 2 montre une particule de fer montant en décrivant une hélice dans un champ magnétique uniforme de 3000 gauss; la particule fait plus de 25 tours en une 1/2 seconde. Le grandissement est 42.

La figure 3 montre diverses particules de fer parmi lesquelles l'une décrit une partie d'hélice à peu près verticale et l'autre une partie d'hélice à peu près horizontale (grandissement 42).

La figure 4 montre une explosion magnétique (burst). Pendant le mouvement, un groupe de particules éclate, chacun des fragments décrivant une trajectoire hélicoïdale. Une des particules apparaît seulement à intervalles réguliers quand elle entre dans le plan focal (grandissement 42).

La figure 5 montre une particule de chrome faisant un bond. Ces photographies sont prises en lumière très faible; il n'y a donc pas d'influence photophorétique de la lumière.

Nous voyons donc de la matière se mouvoir dans un champ magnétique uni-

(¹) Séance du 9 avril 1947.

forme, en hélice, avec des spirales bien régulières. J'avais fait la même obser-

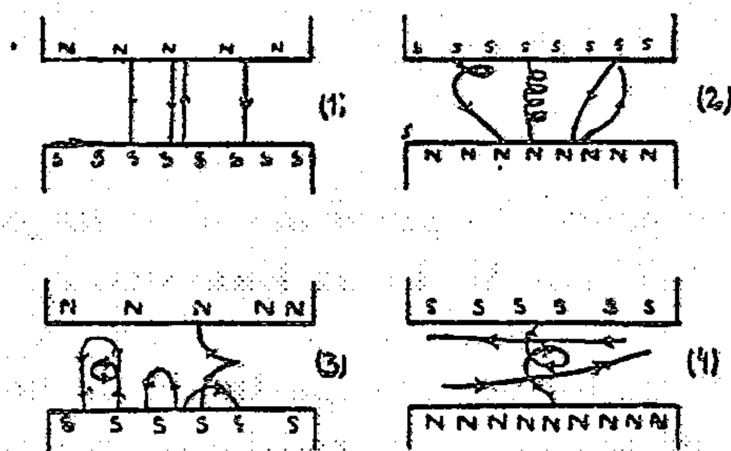


Fig. 1.

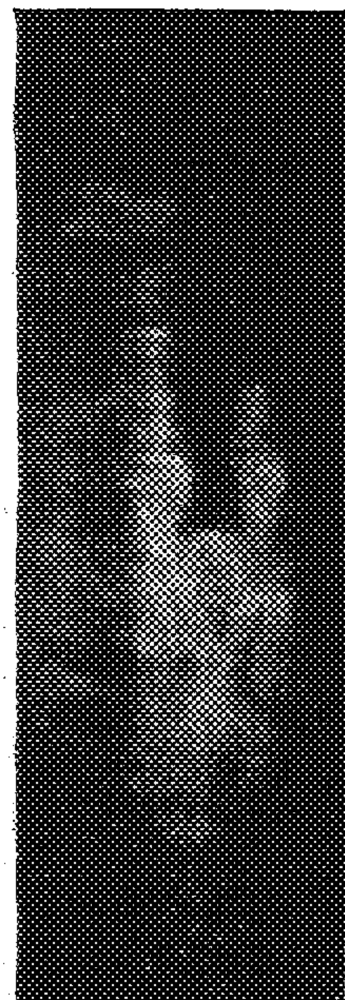


Fig. 2.

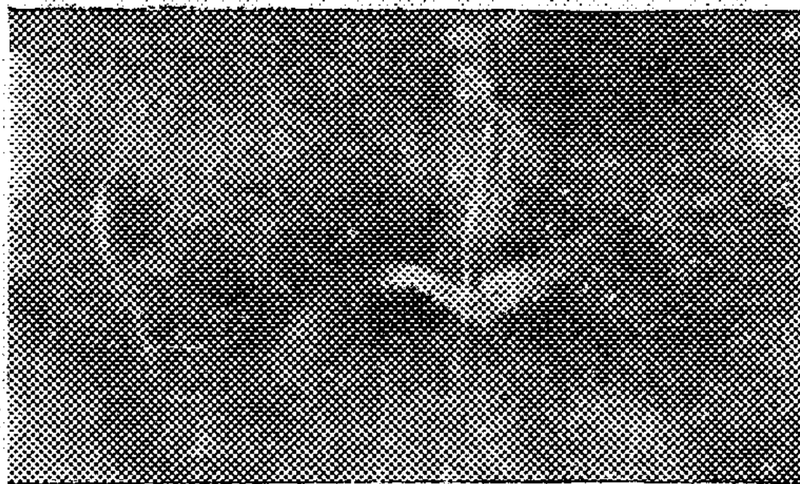


Fig. 3.

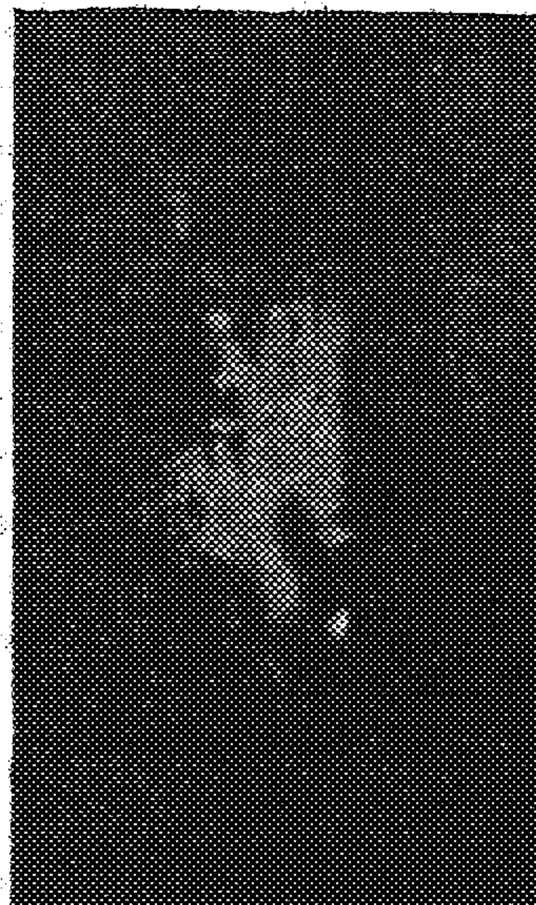


Fig. 4.

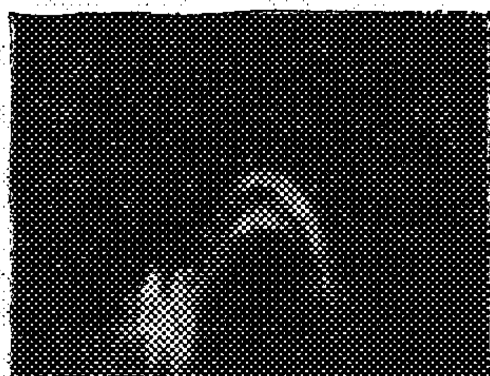


Fig. 5.

vation dans le champ électrique homogène. Le phénomène a été photographié par P. Tauzin ([2]).

([2]) *Revue scientifique*, 83, 1945, p. 276.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption et de fluorescence ultraviolets de composés solides du gadolinium.* Note (¹) de M. **Alain Berton** et Mlle **Françoise Boulanger**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que, parmi les bandes d'absorption lumineuse, celles qui sont caractéristiques des ions métalliques sont influencées par les atomes qui entourent ces derniers. Nous avons voulu étudier ces influences dans le cas de composés solides, principalement de composés de terres rares dont les bandes d'absorption sont souvent très nettes.

Un certain nombre de travaux ont été effectués sur ce sujet et il faut citer particulièrement ceux d'Ephraïm et Bloch (²), mais ils ont trait uniquement à la région visible des spectres. Nous nous sommes donc proposé d'explorer la région ultraviolette, et nous avons choisi les composés du gadolinium qui présentent des bandes d'absorption dans ce domaine de longueurs d'onde.

Nous avons ainsi examiné l'oxyde, l'hydroxyde, le nitrate, l'orthophosphate, le sulfate, l'oxalate, le citrate, le tartrate et le lactate de gadolinium, obtenus à partir de nitrate de gadolinium pur. Des échantillons de quelques-uns de ces composés nous ont été, en outre, prêtés par M. Trombe.

Pour obtenir les bandes d'absorption de ces substances à l'état solide, la méthode des spectres d'absorption par réflexion, mise au point par M. Billy et par l'un d'entre nous (³), a été utilisée. Elle nous a permis d'observer, principalement, un groupe de quatre bandes très étroites se trouvant entre 2730 et 2760 Å, relativement fortes et caractéristiques du gadolinium. Ces bandes sont sensiblement les mêmes pour le sulfate, le citrate et l'oxalate. Par contre, elles subissent, dans le cas du phosphate, du lactate, de l'hydroxyde et surtout de l'oxyde, par rapport à celles des autres composés, des déplacements sensibles vers les grandes longueurs d'onde. Ces déplacements sont comparables à ceux qu'Ephraïm et Bloch ont observés, dans le visible, pour les composés correspondants du praséodyme, par exemple. Ils peuvent être expliqués par une diminution de l'action du champ électrique exercée par les atomes voisins sur les électrons de l'élément rare, responsable de l'absorption.

En dehors de ces bandes d'absorption, nous avons observé une bande très étroite, large de 5 Å environ, d'émission de fluorescence *ultraviolette*, caractéristique du gadolinium et que Tomaschek et Mehnert (⁴) ont étudiée pour le sulfate.

Cette bande de fluorescence, qui se trouve à 3115 Å pour ce dernier sel, nous

---

(¹) Séance du 24 mars 1947.

(²) *Berichte*, **61**, 1928, pp. 65 et 72.

(³) Billy et Berton, *Comptes rendus*, **206**, 1938, pp. 1631 et 1958.

(⁴) *Ann. Physik.*, **29**, 1937, p. 306.

est apparue, en outre, pour l'orthophosphate, le citrate, le tartrate et le lactate de gadolinium hydratés. Sa présence semble être liée à un certain état d'hydratation. La déshydratation de ces sels, comme, d'ailleurs, celle du sulfate de gadolinium octohydraté, fait en effet disparaître la fluorescence. Nous nous proposons ultérieurement de préciser les conditions d'existence de ce phénomène.

Bandes d'absorption et de fluorescence ultraviolettes de quelques composés solides du gadolinium.

	$(SO_4)_3Gd_2.8OH_2$.	$(HO)_3Gd$.	O_3Gd_2.
Bande large F	2734 ± 2 Å 2727	2741 ± 2 Å 2733	2759 ± 2 Å 2751
» » (milieu)	2730	2737	2755
» étroite m	2743	2749	2769
» » f	2746	–	–
» » F	2757	2763	2784
Bandes étroites f	2764 2767	–	2789
» » tf	2773 2782	–	–
Bande étroite m	2790	–	–
» » f	3055	–	3082
» étroite F de *fluorescence*	3115	–	–
» » f d'*absorption*	–	–	3140

F, forte; m, moyenne; f, faible; tf, très faible.

La bande étroite de fluorescence, à 3115 Å, fait place, dans le cas du sulfate anhydre, à une bande étroite d'absorption de même longueur d'onde.

Le citrate $(C_6H_5O_7)Gd.nOH_2$ et l'oxalate $(C_2O_4)_3Gd_2.10OH_2$ possèdent les mêmes bandes que le sulfate octohydraté, avec cette différence, toutefois, que l'oxalate n'est pas fluorescent et présente une bande étroite d'absorption faible à 3115 Å.

Le phosphate $PO_4Gd.nOH_2$ et le lactate $(C_3H_3O_3)_3Gd.nOH_2$ ont les mêmes bandes que l'hydroxyde, mais, contrairement à ce dernier, sont fluorescents : leur bande de fluorescence se trouve à 3122 Å, donc déplacée de 7 Å vers les grandes longueurs d'onde par rapport à la bande correspondante du sulfate.

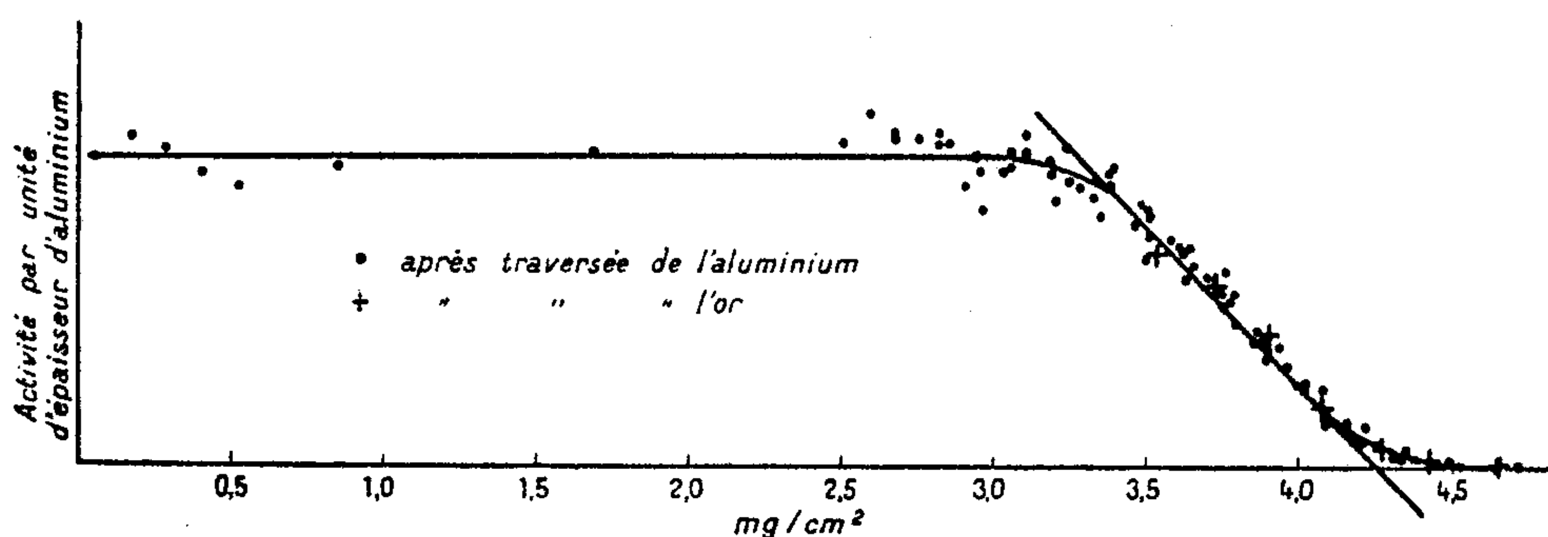
En résumé, nous avons comparé les bandes d'absorption ultraviolettes d'un certain nombre de composés solides du gadolinium. Il existe une similitude entre les déplacements de ces bandes et ceux que présentent, dans le visible, les bandes des mêmes composés d'autres terres rares.

Nous avons, en outre, observé une bande très étroite de fluorescence ultraviolette pour quelques sels de gadolinium.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Parcours dans l'aluminium et pouvoir d'arrêt de l'or pour un fragment de fission donné de l'uranium.* Note [1] de M. **Francis Suzor**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons employé la méthode de F. Joliot [2] pour mesurer les parcours des fragments de bipartition de l'uranium. Cette méthode a l'avantage de donner avec une précision relativement grande les parcours moyen et maximum dans des écrans de matières diverses de fragments de nature chimique et de période radioactive déterminées.

On irradie avec des neutrons thermiques produits à l'aide du cyclotron du Collège de France, un empilement de feuilles d'aluminium de 0,10 à 0,20 mg/cm², disposées sur une couche d'oxyde d'uranium de 0,30 mg/cm² déposée électrolytiquement sur une lame de cuivre de surface de 10^{cm^2}. Chaque feuille d'aluminium, située à une distance de l'oxyde d'uranium inférieure ou égale au parcours des fragments radioactifs envisagés, recueille ceux-ci proportionnellement à l'épaisseur de chacune d'elles. Pour mesurer le parcours de l'élément radioactif étudié, il suffit de le séparer chimiquement de chacune des feuilles repérées par son altitude au-dessus de la couche d'oxyde d'uranium. Les activités ramenées à une même épaisseur de feuilles d'aluminium et à une même origine de temps sont portées en ordonnées tandis que les altitudes correspondantes sont portées en abscisses. La courbe reproduite par la figure ci-dessous est relative au parcours des fragments $^{97}_{42}Zr$ de période 17 heures.



Pour augmenter la sensibilité de la méthode, on irradie 10 empilements identiques à celui décrit ci-dessus et l'on traite à la fois les feuilles d'aluminium de même altitude. Les trajectoires des fragments étant sensiblement rectilignes sur la majeure partie de leur parcours, la courbe présente un long palier de 0 à 3 mg/cm². La forme de la partie terminale de la courbe

---

(1) Séance du 31 mars 1947.

(2) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 488.

s'étendant de 3 à 4,5 mg/cm², parcours extrême, représente la fluctuation de portée des fragments considérés.

Il semble bien que l'on ne puisse séparer deux parcours, comme F. Joliot l'avait signalé. La fluctuation de parcours observée est beaucoup plus élevée que celle que l'on calculerait d'après la théorie de Bohr ([3]), en admettant l'existence d'un seul parcours; elle doit correspondre à un grand nombre de parcours, tenant au fait qu'un même fragment ($^{97}_{40}$Zr) peut provenir par filiation β de fragments de numéro atomique plus faible ou directement de la bipartition et être ainsi lancé avec des vitesses initiales de valeurs diverses.

Le parcours moyen π de $^{97}_{40}$Zr, T = 17 heures est 3,78 mg/cm² et le parcours maximum p_M observé 4,5 mg/cm² d'aluminium.

Nous avons également obtenu pour

$^{(132)}_{52}$Te, T = 77 heures : π = 3,11 mg/cm², p_M = 3,85 mg/cm² d'aluminium.

$^{99}_{42}$Mo, T = 67 heures : π = 3,78 mg/cm². p_M = 4,4 mg/cm².

Pour ces trois éléments nous trouvons sensiblement la même fluctuation de portée.

Dans une autre série d'expériences, nous avons mis sur la couche d'urane une feuille d'or de 9,89 mg/cm² et au-dessus de celle-ci des feuilles d'aluminium de 0,18 mg/cm². Nous avons étudié comme précédemment l'activité de $^{97}_{40}$Zr de période 17 heures, recueillie dans ces feuilles après irradiation par les neutrons thermiques. Nous retrouvons le même parcours extrême de 4,50 mg/cm si nous supposons que la feuille d'or de 9,89 mg/cm² équivaut à une feuille d'aluminium de 3,46 mg/cm². Nous avons porté sur la courbe précédemment acquise les points obtenus dans cette expérience après multiplication des ordonnées par un facteur convenable. La conclusion est que pour les quatre premiers cinquièmes du parcours d'un fragment de fission, 1 mg/cm² d'or est équivalent en ce qui concerne le ralentissement à 0,350 mg/cm² d'aluminium ± 0,005.

Cette équivalence est très voisine de celle que l'on connaît pour les rayons α de 4,66 MeV, dans ce cas 1 mg/cm² d'or équivaut à 0,36 mg/cm² d'aluminium.

Dans une expérience concernant le parcours de *l'ensemble* des produits de fission, Segré et Wiegand ([4]) avaient trouvé que 1 mg/cm² d'or équivaut à 0,34 mg/cm².

([3]) *Phys. Rev.*, 58, 1940, p. 654; 59, 1941, p. 270.
([4]) *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 808.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la mesure des chaleurs d'adsorption des gaz et des vapeurs par le charbon actif.* Note [1] de M. **Jean Perreu**, présentée par M. Paul Pascal.

J'ai commencé l'étude calorifique de l'adsorption des gaz et des vapeurs, à 0° C., par le charbon actif, en utilisant le calorimètre à glace de Bunsen.

1. Principe de la méthode employée. — Le gaz étudié est reçu dans une canalisation vide d'air, où l'on détermine sa température, sa pression et son volume. Il est ensuite admis dans la cellule à adsorbant, disposée dans le moufle du calorimètre. On note de nouveau la température, la pression et le volume et calcule, par différence, la masse de gaz adsorbée. L'effet thermique obtenu, rapporté, soit à 1g de charbon, soit à la molécule-gramme du gaz adsorbé, représente la chaleur intégrale d'adsorption. Ce dispositif permet, en outre, de mesurer les chaleurs différentielles d'adsorption, au voisinage immédiat de 0° C.

2. Dispositif expérimental. — L'appareil utilisé, comprend :

a. Un calorimètre à glace, A, en pyrex, dont le capillaire, gradué et bien calibré a $0^{mm},42$ de diamètre, un retrait du mercure de 1^{mm}, correspond à 0,123 cal/g.

b. La canalisation du gaz, en pyrex, qui comporte une burette graduée, B, de 50^{cm^3}, reliée au tube d'admission, et à un tube *abcd*, portant la cellule à adsorbant, C. La burette, le tube-cellule et le tube *abcd* sont jaugés ; on connaît le volume, par centimètre de longueur, de la portion verticale *cd* de ce dernier tube, qui est très sensiblement calibrée. La burette et un manomètre M sont reliés aux cuves à mercure C_1 et C_2. A la suite de ce manomètre, sont placés, un piège à mercure *e*, une jauge de Mac-Leod, J, et un tube desséchant à P_2O_5. L'appareil porte des rodages normalisés et des robinets à vide R_0, R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 et R_6.

c. Une trompe à vapeur de mercure, T, donnant un vide de 5.10^{-4} mm de mercure ; le vide primaire est obtenu avec une pompe rotative, à palettes.

d. Un cathétomètre, muni d'un vernier au 1/20 de millimètre.

3. Mode opératoire. — Un poids connu de charbon actif frais, de l'ordre de 2 à 5^g, est introduit dans la cellule, puis désorbé dans le vide, jusqu'à 550°. Par pesée du tube desséchant et du tube-cellule, on obtient le poids de l'humidité et des divers gaz (H, CO, CO^2), désorbés, ainsi que le poids final du charbon. Un support à crémaillère met en place le calorimètre, de sorte que la cellule soit immergée dans le mercure du moufle. Le robinet R_2 étant fermé et les cuvettes à mercure soulevées à hauteur convenable, on admet le gaz dont on note la température, la pression et le volume. Le gaz est ensuite reçu dans la cellule et l'on suit le déplacement du mercure dans le capillaire pendant une demi-heure environ. La vitesse du retrait mercuriel pendant les 10 minutes qui précèdent et qui suivent l'adsorption permet d'effectuer les corrections. On

[1] Séance du 24 mars 1947.

mesure enfin la température, la pression et le volume du gaz, puis on calcule la masse adsorbée et la chaleur dégagée. On procède à d'autres admissions de

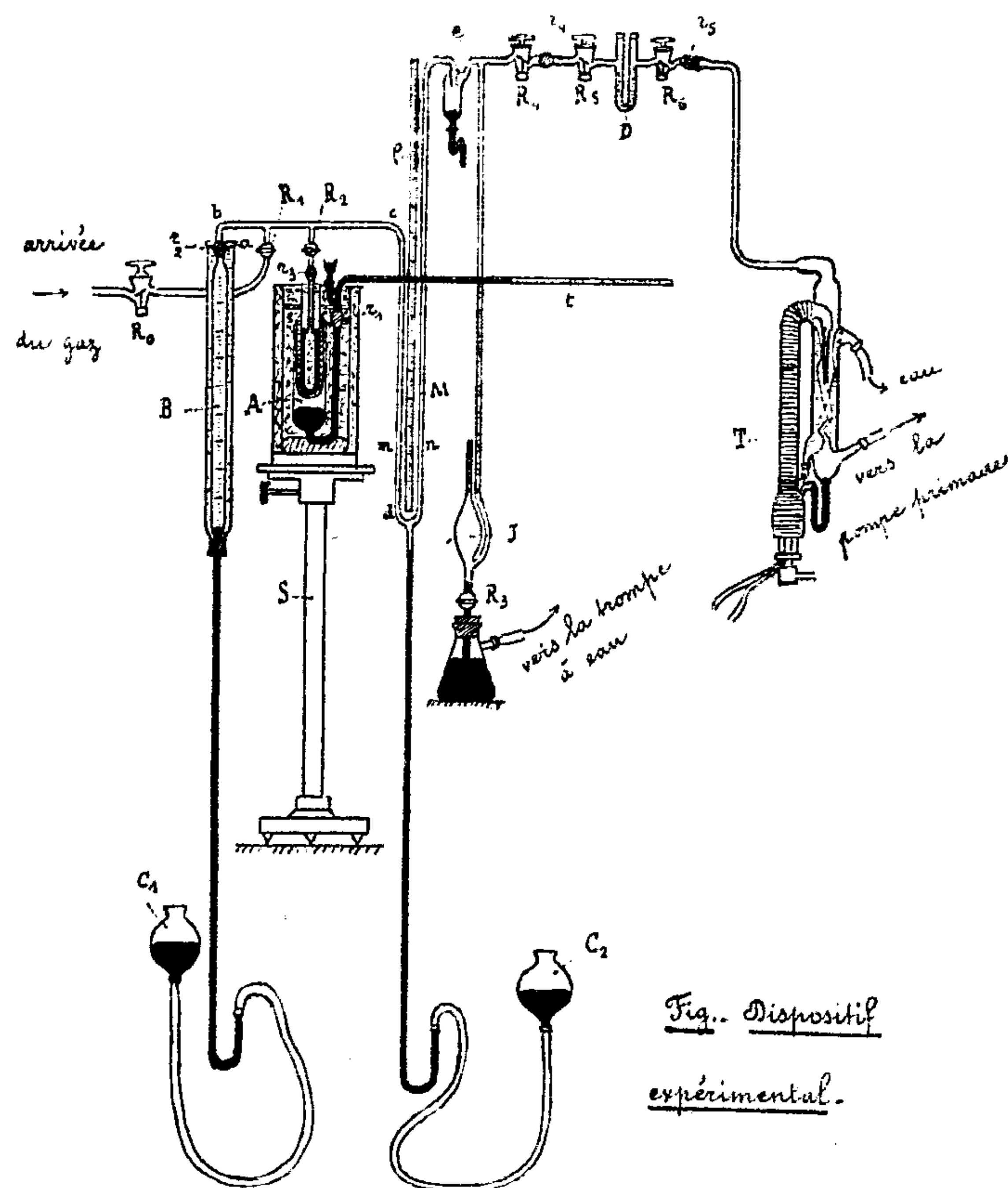


Fig.. Dispositif expérimental.

gaz dans la cellule, de façon à atteindre l'équilibre; la chaleur résultante est la chaleur intégrale d'adsorption sous la pression finale. L'effet thermique observé, au voisinage de l'équilibre, donne la chaleur différentielle d'adsorption.

4. Précision des résultats. — Le volume gazeux est connu au 1/20 de cm^3 près, et la pression au 1/10 de mm de mercure. L'erreur sur la masse de gaz adsorbé est de l'ordre du 1/20 de mmg. L'erreur absolue calorimétrique est moindre que 0,03 cal/g, de sorte que pour une chaleur globale d'adsorption de 6 cal/g, la précision atteint 1/200.

5. Conclusion. — En résumé, l'utilité du dispositif précédent est triple : il permet de déterminer l'isotherme d'adsorption de 0° C. et de mesurer les chaleurs intégrales et différentielles d'adsorption le long de cette isotherme.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude de l'hydrolyse des carbonates alcalins.* Note (¹) de M. **Henri Guiter**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous donnons ci-contre les courbes représentant le p_{OH} en fonction du p_{CO_3} pour les cinq carbonates alcalins (²). Ces courbes ont une allure générale commune : elles sont constituées par quatre segments de droite numérotés I, II, III et IV. En outre les courbes relatives aux trois alcalins lourds offrent un segment supplémentaire I *bis*, entre les segments I et II.

Pour la clarté de la figure, nous avons confondu les tracés des segments parallèles et très voisins (*fig.* 1).

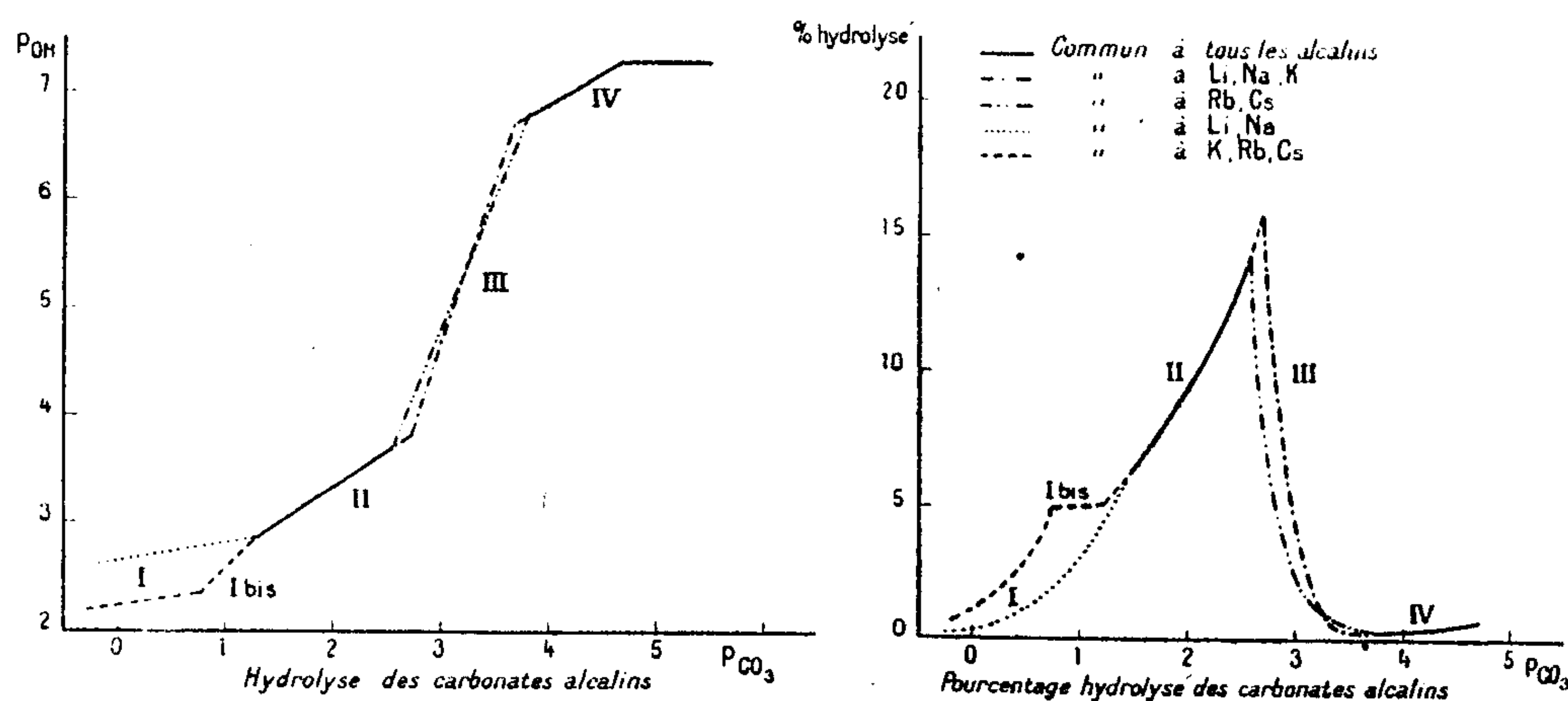
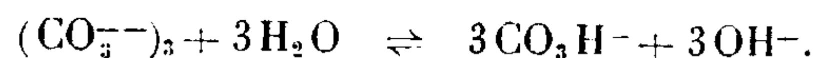


Fig. 1. Fig. 2.

Les hydrolyses des carbonates de lithium et de sodium sont identiques ainsi que celles des carbonates de rubidium et de cæsium. L'hydrolyse du carbonate de potassium coïncide avec celle des alcalins lourds en solution concentrée, avec celle des alcalins légers en solution étendue.

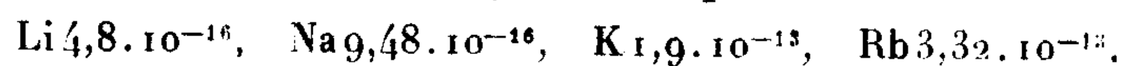
Les courbes donnant les valeurs du pourcentage hydrolysé en fonction du pCO_3 présentent les mêmes caractères (*fig.* 2). Les titres des solutions soumises aux dédoublements sont : Li 0,204; Na 1,6; K 1,94; Rb 0,56; Cs 0,17.

Étude du phénomène I. — Le titre des solutions est de l'ordre de grandeur de 1 . $\Delta p_{OH} = 0{,}05$. Cette variation très faible ne peut s'expliquer que par l'existence en solution d'un produit polymérisé



$$(CO_3^{--})_3 + 3H_2O \rightleftharpoons 3CO_3H^- + 3OH^-.$$

Les valeurs des constantes d'hydrolyse correspondantes sont



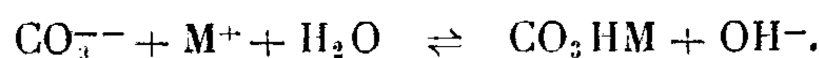
$$\text{Li}\,4{,}8.10^{-16},\quad \text{Na}\,9{,}48.10^{-16},\quad \text{K}\,1{,}9.10^{-15},\quad \text{Rb}\,3{,}32.10^{-15}.$$

Le pourcentage hydrolysé varie de 0,5 à 5 %.

(¹) Séance du 31 mars 1947.

(²) Les résultats détaillés font l'objet de Mémoires en cours de parution au *Bulletin de la Société Chimique de France*.

Étude du phénomène I *bis*. — Le titre des solutions est de l'ordre de grandeur de 0,1. $\Delta p_{OH} = 0,3$. La variation constatée s'explique par la formation d'un produit d'hydrolyse non ionisé



$$CO_3^{--} + M^+ + H_2O \rightleftharpoons CO_3HM + OH^-.$$

Au cours de cette réaction, les courbes d'hydrolyse des métaux lourds rejoignent celles des métaux légers.

Les constantes d'hydrolyse correspondantes ont pour valeur

K $1,25.10^{-3}$, Rb $1,25.10^{-3}$, Cs $1,58.10^{-3}$.

Le pourcentage hydrolysé reste constant, au voisinage de 5 %.

Étude du phénomène II. — Le titre des solutions est de l'ordre de grandeur de 0,01. $\Delta p_{OH} = 0,2$,

$$2CO_3^{--} + 2H_2O \rightleftharpoons (CO_3H^-)_2 + 2OH^-.$$

La réaction est commune à tous les carbonates, les ions métalliques n'intervenant pas. Les constantes d'hydrolyse ont pour valeur

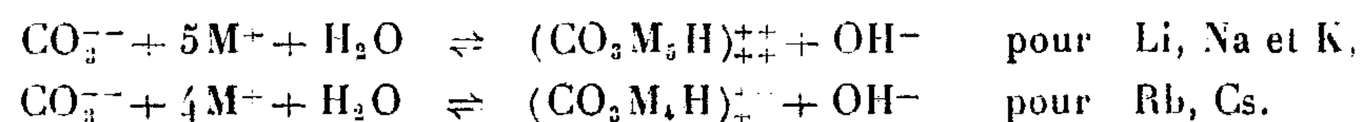
Li $1,58.10^{-6}$, Na $2,23.10^{-6}$, K 2.10^{-6}, Rb $2,23.10^{-6}$, Cs $3,5.10^{-6}$.

Le pourcentage hydrolysé augmente de 5 à 15 %.

Étude du phénomène III. — Le titre des solutions est de l'ordre de grandeur 0,001,

$\Delta p_{OH} = 0,9$ pour Li, Na et K; $\Delta p_{OH} = 0,75$ pour Rb et Cs.

Les réactions rendant compte de ces variations sont



$$CO_3^{--} + 5M^+ + H_2O \rightleftharpoons (CO_3M_5H)^{+++} + OH^- \quad \text{pour Li, Na et K,}$$
$$CO_3^{--} + 4M^+ + H_2O \rightleftharpoons (CO_3M_4H)^{++} + OH^- \quad \text{pour Rb, Cs.}$$

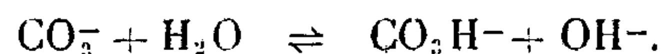
Nous constatons qu'il entre un atome métallique de moins dans le cation complexe correspondant aux métaux lourds, et de volume atomique plus grand. Il se produit donc, dans la constitution de ces ions complexes, une sorte d'empêchement stérique.

Donnons les valeurs des constantes d'hydrolyse

Li 8.10^8, Na $12,5.10^8$, K 8.10^8, Rb $4,4.10^5$, Cs 4.10^5.

Le pourcentage hydrolysé diminue de 15 à 0,2 %.

Étude du phénomène IV. — Le titre des solutions est de l'ordre de grandeur de 0,0001. $\Delta p_{OH} = 0,15$,



$$CO_3^{--} + H_2O \rightleftharpoons CO_3H^- + OH^-.$$

A ces faibles concentrations, tous les carbonates alcalins se comportent de même manière, et leurs constantes sont sensiblement égales

Li 4.10^{-10}, Na 4.10^{-10}, K 4.10^{-10}, Rb $4,5.10^{-10}$, Cs 5.10^{-10}.

Le pourcentage hydrolysé croît de 0,2 à 0,5 %.

Conclusions. — Il se dégage de cette étude trois faits importants :

1° Le potassium s'apparente aux alcalins lourds en solution normale ou décinormale, et aux alcalins légers en solution millinormale.

2° Les phénomènes d'hydrolyse deviennent identiques pour les cinq carbonates alcalins, lorsque le métal n'intervient pas dans la réaction représentative.

3° En solution millinormale apparaissent des cations complexes dont la structure met en évidence l'existence d'un empêchement stérique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches sur les stannates de sodium.* Note [1] de M. **Edmond Grillot** et Mme **Marguerite Grillot**, présentée par M. Paul Pascal.

On considère généralement que l'action de la soude sur l'acide α-stannique conduit à la formation d'un métastannate de sodium très soluble dans l'eau et que, de cette solution, il est possible d'isoler SnO_3Na_2, $3H_2O$ ou SnO_3Na_2, $4H_2O$. Bellucci et Paravano [2], qui adoptèrent la première formule, ont montré qu'il fallait plutôt considérer ce corps comme l'hexastannate de sodium $Sn(OH)_6Na_2$. Prandtl [3], puis Zocher [4] ont admis l'existence de deux composés différents, le second étant le monohydrate du premier. Nous avons constaté pour notre part que le phénomène est beaucoup plus complexe et qu'en faisant varier les conditions de préparation on peut isoler plusieurs stannates de sodium présentant de profondes différences de constitution moléculaire.

Le stannate de sodium qu'on isole le plus aisément est le sel qui répond à la seconde formule. Il précipite par addition d'alcool éthylique à la solution (préparée et filtrée à l'abri du gaz carbonique atmosphérique) qui résulte du passage en solution dans l'eau d'acide α-stannique en présence de la quantité minimum de soude. C'est un sel blanc, très soluble dans l'eau et dont la solution est fortement hydrolysée. Sa formule brute SnO_3Na_2, $4H_2O$ a été vérifiée par l'analyse [méthode de Kling et Lassieur [5] mise au point par l'un de nous dans le cas des stannates et chlorostannates alcalins [6]]. Nous avons trouvé, pour plusieurs échantillons : étain : 41,73 % (± 0,21 %) (calculé : 41,69 %); sodium : 16,25 % (± 0,11 %) (calculé : 16,16 %).

Mais, contrairement aux affirmations de Prandtl et de Zocher, nous avons constaté que ce composé offre une grande résistance à toute déshydratation. Lorsqu'on le chauffe dans le vide pendant plusieurs heures, sa masse tend vers une valeur limite qui varie avec la température, ce qui semble indiquer un équilibre entre le composé initial et son produit de déshydratation. Mais, jusqu'à 165°, cette perte reste très notablement inférieure à 6,32 %, valeur qui

(1) Séance du 31 mars 1947.

(2) *Zstchr. Anorg. Allg. Chem.*, 45, 1905, pp. 142-165.

(3) *Berichte*, 40, 1907, p. 2129.

(4) *Zstchr. Anorg. Allg. Chem.*, 112, 1920, pp. 7-17.

(5) *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 1080.

(6) Marguerite Grillot, *Bul. Soc. chim.* (sous presse).

correspond à l'élimination d'une seule molécule d'eau par molécule SnO_3Na_2, $4H_2O$. Nous avons trouvé :

t	62.	81.	100.	110.	136.	153.	165.
Pertes maxima (%)	0,358	0,480	0,546	0,712	1,132	1,542	2,861

Il nous semble donc qu'on puisse tirer argument de cette résistance à la déshydratation pour rejeter l'hypothèse d'une simple combinaison moléculaire d'eau et d'hexastannate de sodium.

A des températures plus élevées, la déshydratation n'est jamais totale. Chauffé dans un lent courant d'air exempt de vapeur d'eau et de gaz carbonique, il ne perd au maximum, à 350° comme à 400°, que 18,90 % de sa masse, soit trois molécules d'eau sur quatre. Le résidu blanc ne contient pas de soude libre. Il se dissout lentement dans l'eau en subissant une hydrolyse.

L'élimination de la dernière molécule d'eau est encore bien plus difficile. En chauffant à nouveau ce résidu à 600° pendant trois heures dans les mêmes conditions que précédemment, la perte d'eau n'est que de 3, 42 % ; à 700° elle n'est que de 3,67 % et à 800° de 4,07 %, alors qu'elle serait de 7,80 % si la déshydratation était totale.

La formule brute du produit de déshydratation à 400° peut s'écrire SnO_3Na_2, H_2O; mais, moins encore que le corps initial, cette substance ne peut être considérée comme une combinaison moléculaire de métastannate de sodium SnO_3Na_2 et d'eau. On peut penser qu'il s'agit de l'orthostannate disodique $SnO_4H_2Na_2$ ou (ce qui n'est pas nécessairement contradictoire) du sel de sodium d'un anion $[SnO_2(OH)_2]^{--}$ dans lequel les deux radicaux oxhydriles seraient suffisamment éloignés pour ne donner que très difficilement naissance à une molécule d'eau.

Cet orthostannate disodique $SnO_4H_2Na_2$, placé dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau, est susceptible d'en fixer plus de huit molécules par molécule de sel (soit plus de 65,5 % de sa propre masse) en devenant ensuite déliquescent. A 100° il reperd toute son eau d'hydratation alors que, abandonné à froid dans une atmosphère anhydre, il laisse un hydrate $SnO_4H_2Na_2$, $3H_2O$ de même formule que le sel initial précipité en milieu hydro-alcoolique, mais qui s'en distingue par ses propriétés physiques comme par son pouvoir de perdre à 120°, 4,25 % de sa masse, soit 22 % de son eau d'hydratation.

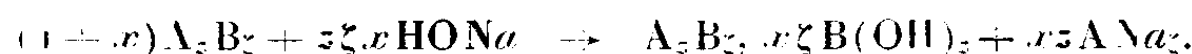
La formule de constitution du stannate de sodium SnO_3Na_2, $4H_2O$ est plus délicate à établir. Il apparaît cependant que les quatre molécules d'eau de sa molécule doivent être intégrées à l'anion. Il faudrait alors l'écrire $SnO_7H_8Na_2$, sel de sodium de l'anion $[SnO(OH)_4(H_2O)_2]^{--}$, dans lequel l'indice de coordination de l'étain aurait la valeur exceptionnelle 8. Ce sel est d'ailleurs capable de fixer de la vapeur d'eau (plus de 53 % de sa propre masse) et, dans une atmosphère anhydre, il subsiste un hydrate $SnO_7H_8Na_2$, $3H_2O$, encore stable à 100° et qui ne perd complètement son eau d'hydratation qu'à 120°.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une méthode d'étude rapide des sels basiques insolubles.* Note de MM. **Max Geloso** et **Pierre Deschamps**, présentée par M. Paul Pascal.

La méthode de choix utilisée jusqu'à présent est connue sous le nom de *méthode des restes*. Elle offre l'avantage de conduire à des conclusions certaines, mais a l'inconvénient de nécessiter un grand nombre d'analyses. Il semble que l'étude de la variation du pH de la solution, au cours de la précipitation, puisse fournir des résultats aussi précis.

Soient $A^{\zeta-}$ et B^{z+} les ions d'un sel susceptible de précipiter par action d'un alcali sous forme de sel basique insoluble A_zB_ζ, $x\zeta B(OH)_z$ où x est inconnu.

L'équation de la réaction s'écrit



$$(1+x)A_zB_\zeta + z\zeta x\,HONa \rightarrow A_zB_\zeta,\, x\zeta B(OH)_z + xzANa_\zeta.$$

Si θ est la concentration initiale du sel, α la fraction de molécule précipitée par la soude à une époque donnée du titrage, l'activité des ions en solution devient

$$(B^{z+}) = \theta(1-\alpha)f_B; \quad (A^{\zeta-}) = \frac{z}{\zeta}\theta\left(1-\frac{\alpha}{1+x}\right)f_A; \quad (Na^{+}) = \frac{z\theta\alpha x}{1+x}f_{Na}$$

f_i désignant le coefficient d'activité de l'ion i. On peut poser

$$f_A = f_B^{\frac{\zeta^2}{z^2}} = f^{\frac{\zeta^2}{z^2}}.$$

D'autre part, le produit de solubilité a pour expression

$$B^{\zeta(1+x)} \times A^z \times (OH)^{z\zeta x} = S,$$

d'où

$$z\zeta x p_{OH} = p_S + \zeta(1+x)\log\theta f + z\log\theta f^{\frac{\zeta^2}{z^2}} + \varphi(\alpha, x),$$

$\varphi(\alpha, x)$ étant indépendant de θ.

Avec une solution n fois plus concentrée, α restant le même, on obtient une nouvelle valeur p'_{OH}, qui dérive de la première en changeant θ en $n\theta$, d'où

$$z\zeta x\,\Delta p_H = z\zeta x(p_H - p'_H) = \zeta(1+x)\log n\frac{f'}{f} + z\log n\left(\frac{f'}{f}\right)^{\frac{\zeta^2}{z^2}}.$$

On serait tenté de calculer f par application directe de la relation classique, $\log f_i = -Bz_i^2\sqrt{\mu}$. Cependant, la force ionique μ de la solution, dépendant de x

$$\mu = \frac{1}{2}\sum c_i z_i^2 = \frac{z\theta}{2}\,\frac{x[(z+\zeta)+\alpha(1-z)]+(z+\zeta)(1-\alpha)}{x+1},$$

la solution de l'équation deviendrait très compliquée. La difficulté est levée en observant que μ est représentée en fonction de x par une branche d'hyperbole

qui tend rapidement vers l'asymptote. On peut, avec une bonne approximation, remplacer μ par sa valeur asymptotique

$$\mu \to \frac{z\theta}{2}[(z+\zeta)+\alpha(1-z)].$$

Observons enfin que $\log f' = \sqrt{n}\log f$ et l'équation définitive devient

$$\Delta p_{\rm H} = \frac{1+x}{zx}[\log n + (\sqrt{n}-1)\log f] - \frac{1}{\zeta x}\left[\log n + (\sqrt{n}-1)\log f^{\frac{\zeta}{z}}\right].$$

Nous indiquerons ici quelques résultats expérimentaux obtenus dans le cas du sulfate de cuivre.

$z = 2$; $\zeta = 2$; $\alpha = \frac{1}{2}$ (demi-précipitation); $\theta = 0{,}0034$; $t = 32°$.

Les formules deviennent

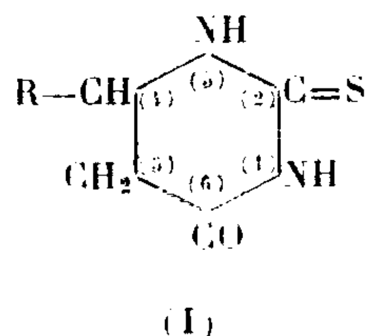
$$\frac{x+2}{2x} = \frac{\Delta p_{\rm H}}{\log n + (\sqrt{n}-1)\log f}, \quad \mu \to \frac{7\theta}{2}, \quad \text{d'où} \quad \log f = -0{,}13.$$

n	1.	2.	5.	10.
$p_{\rm H}$	5,55	5,34	5,10	4,96
x	–	2,9	3,04	3,1

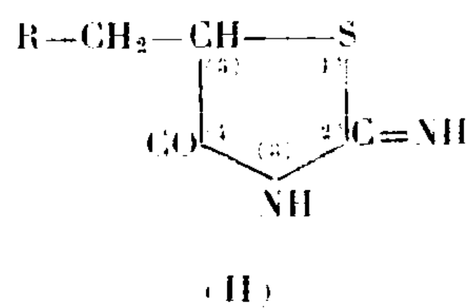
Le précipité se présente bien sous la forme de sel tétracuivrique SO_4Cu, $3Cu(OH)_2$, Aq, comme il fallait s'y attendre d'après les travaux antérieurs [1]. *Il suffit de deux mesures pour le déterminer* par la méthode proposée. Ces mesures ne doivent être effectuées qu'après avoir laissé *vieillir* le précipité, le temps qu'il prenne sa forme définitive, et se trouve en équilibre avec la solution.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation du crotonate d'éthyle avec la thiourée*. Note de Mlle **Denise Billet** et M. **Charles Mentzer**, présentée par M. Marcel Delépine.

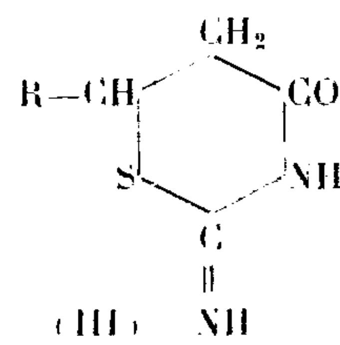
On sait que la condensation des acides éthyléniques R—CH=CH—COOH avec la thiourée peut donner naissance aux trois types de combinaisons suivantes :



(I)



(II)

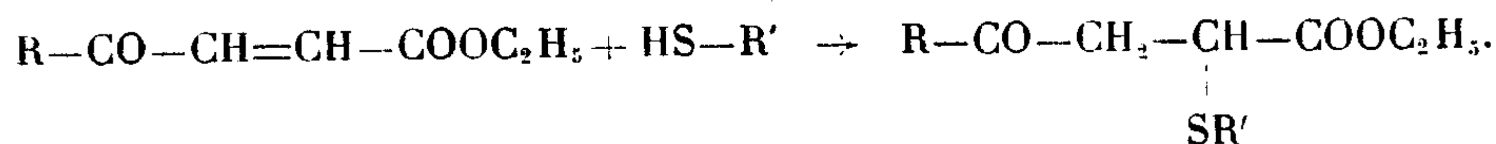


(III)

(1) O. Binder, *Thèse*, Paris, 1935.

Un dihydrothiouracile [type (I)], a été obtenu par Erlenmeyer et Hertz ([1]) en partant de l'acide cinnamique ($R = C_6H_5$). Par contre, Andreasch ([2]), puis tout récemment Bougault et Chabrier ([3]) ont préparé par synthèse des dérivés du thiazol (II) en combinant la thiourée soit avec l'acide maléique ($R = COOH$), soit avec l'acide benzoylacrylique ($R = C_6H_5 - CO$). Cherchant à préparer par synthèse de nouvelles substances à activité antithyroïdienne, nous avons été également amenés à condenser la thiourée avec des esters éthyléniques et en particulier avec le crotonate d'éthyle ($R = CH_3$). A cet effet, un mélange de 8^g,20 de thiourée, de 6^g,5 de crotonate d'éthyle et de 20$^{cm^3}$ d'alcool absolu a été chauffé en tube scellé à 150° pendant 10 heures. Le produit de la réaction a été lavé à l'eau et recristallisé dans l'alcool. Rendement, 1^g,50 de corps pur fondant à 221°.

D'après le dosage du soufre, cette substance devait correspondre à l'une des trois structures (I), (II) ou (III). La formule (III) nous paraissait peu probable vu l'instabilité très grande des cycles hexagonaux renfermant du soufre dans le noyau. D'un autre côté, l'imino-2 éthyl-5 thiazolone-4 [formule (II), $R=CH_3$] ne s'est pas formé non plus. En effet, ce corps, obtenu dès 1895 ([3]), fond à 201° et quand on le mélange avec le produit de condensation du crotonate d'éthyle et de la thiourée, le point de fusion est fortement abaissé. D'ailleurs la synthèse de tels dérivés de la thiazolone (II) semble être possible uniquement quand l'ester éthylénique renferme un groupement —CO à côté de la double liaison. Le [—SH] de la thiourée se fixe alors sur le carbone en β par rapport à ce —CO exactement comme un — [—CH_2] actif au cours d'une condensation de Michael



Vu ces considérations, la substance que nous avions obtenue devait donc être le méthyl-4 dihydro-4.5 thio-2 uracile, et pour vérifier cette hypothèse, nous avons préparé ce corps [formule (I), $R=CH_3$] par une méthode sûre, à savoir la réduction du méthyl-4 thio-2 uracile selon la technique suivante : 2^g,5 de méthyl-4 thio-2 uracile sont mis en suspension dans de l'alcool à 50° et additionnés de 2$^{cm^3}$ de lessive de soude, puis de 60^g d'amalgame de sodium à 3 %. Après 24 heures, une nouvelle quantité d'amalgame (30^g) est ajoutée au mélange et le lendemain, la solution alcoolique est concentrée, filtrée et acidifiée par CH_3COOH. Le précipité, recristallisé dans l'alcool, fond à 221° et est identique au produit de condensation du crotonate d'éthyle avec la thiourée, ce qui confirme la formule (I) que nous avions attribuée à ce composé.

([1]) *Helv. Chim. Acta*, **25**, 1942, p. 832.

([2]) *Monatsh.*, **15**, 1895, p. 664.

([3]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 656-657.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le complexe moléculaire thio-urée camphre.* Note de M. **Bernard Angla**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note précédente j'ai montré que la thio-urée donnait des complexes cristallisés avec un certain nombre de corps organiques. C'est ainsi qu'à partir de solutions de camphre et de thio-urée dans le méthanol absolu on obtient un complexe ayant la composition $C_{10}H_{16}O$, $3CS(NH_2)_2$.

Ce complexe est facilement décomposable sous les influences les plus diverses.

J'ai procédé à l'étude isotherme (à 30°) du système ternaire thio-urée, camphre, méthanol absolu.

Les branches de l'isotherme ont été déterminées par la méthode des ensembles. Les équilibres sont obtenus après quelques heures d'agitation : cette dernière à été prolongée pendant 8 heures environ.

Les analyses des solutions résultantes ont été effectuées de la manière suivante : le prélèvement (10^{cm^3}) est pesé, puis additionné de 10^{cm^3} de méthanol pour éviter la séparation de cristaux par refroidissement. On pèse la nouvelle solution (II) et la mesure de son pouvoir rotatoire permet de déterminer le camphre. Une autre prise d'essai de la solution (II), de poids connu, est traitée par un excès d'eau, puis extraite à l'éther de pétrole. La couche aqueuse, évaporée à sec, donne la thio-urée. Cette méthode d'analyse, étudiée sur des mélanges connus, s'est révélée suffisamment sensible et fidèle. Dans les cas les plus défavorables (faibles teneurs), la précision obtenue est de l'ordre de 1 %.

L'isotherme est composée de 3 branches (*fig.* 1). Les droites joignant les points figuratifs des ensembles aux points représentant les solutions résultantes convergent en un seul point relatif au composé $C_{10}H_{16}O$, $3CS(NH_2)_2$. La solubilité de ce dernier est congruente.

Dans le cas où le méthanol utilisé n'est pas absolu, mais renferme de petites quantités d'eau, le système fournit des équilibres métastables, relatifs aux combinaisons $C_{10}H_{16}O$, $5CS(NH_2)_2$ et $C_{10}H_{16}O$, $4CS(NH_2)_2$.

Ce phénomène déjà net pour les alcools peu hydratés (1 %) semble s'accentuer au fur et à mesure que l'hydratation augmente.

On peut le mettre en évidence et l'étudier en suivant avec le temps sur des ensembles déterminés les variations de densité des solutions résultantes. C'est ainsi qu'en utilisant du méthanol renfermant 6 % d'eau on peut noter, avec un ensemble déterminé, 3 séries de densités pour la solution résultante. La première série a duré une dizaine d'heures (0,8705), la deuxième (0,8682), 80 heures environ, puis la densité s'est fixée à une valeur constante (0,8665) (*fig.* 2). Ces trois paliers de densités correspondent à 3 équilibres qui se succèdent : le premier correspond au composé à 5 molécules de thio-urée, le deuxième au composé renfermant 4 molécules, et le troisième (stable) à celui qui

en comprend 3. Il semble bien que les complexes à 5 et 4 molécules de thio-urée soient métastables dans toute l'étendue du diagramme à la température de 30°.

Ayant ainsi mis en évidence que le composé à trois molécules de thio-urée

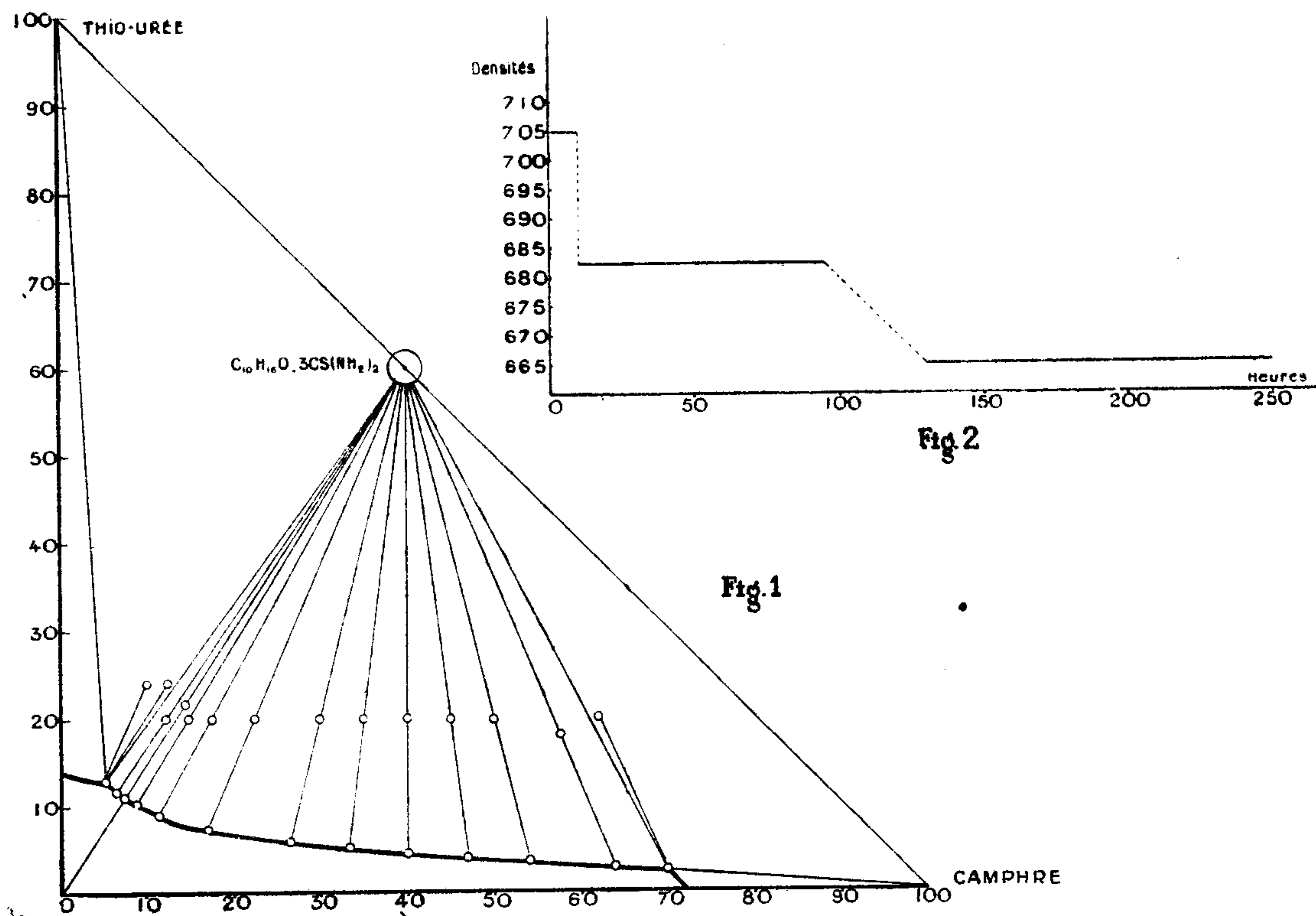


Fig. 2. — Densités — *lire* 0,8710, 0,8705, 0,8700, etc.

constituait bien une espèce chimique, j'ai déterminé sa chaleur de formation moléculaire.

Le procédé utilisé a été le suivant : on dissout dans la même quantité le méthanol (30^{cm^3}), d'une part, 3^g de complexe, d'autre part, dans une deuxième expérience, 3^g d'un mélange de cristaux de thio-urée et de camphre ayant la même composition centésimale que le complexe. On détermine dans les deux cas l'abaissement de température. La dissociation du complexe étant complète dans ces conditions, ainsi que je l'ai vérifié par ailleurs, l'état final après dissolution est le même dans les deux cas. La différence d'abaissement de température observée entre les deux essais permet donc de déterminer la chaleur de formation du complexe.

Celle-ci est de $Q_M = 4.7$ kg/cal. $\pm$ 0.3.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Mécanisme de la formation de l'état ordonné dans une solution solide.* Note [1] de MM. **André Guinier** et **Roger Griffoul**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans une précédente Note [2] nous avons montré comment la diffusion des rayons X par une solution solide partiellement ordonnée permettait d'étudier l'arrangement mutuel des atomes des deux constituants de l'alliage aux nœuds du réseau de la solution solide. Nous avons étudié sur l'alliage de formule $AuCu_3$ le mécanisme de la transition de l'état désordonné à l'état ordonné qui se produit lors du recuit progressif de l'alliage trempé. Cette étude a fait l'objet de plusieurs études récentes tant expérimentales que théoriques [3].

Certains faits expérimentaux qui n'avaient pas été observés par les auteurs cités nous ont permis d'arriver à des conclusions plus précises.

1° Dans le cas d'échantillons polycristallins, les raies de surstructure apparaissent d'abord faibles et larges, mais nous avons trouvé sur un alliage revenu deux heures à 250° que la raie 100 est déplacée vers les grands angles (le maximum d'intensité correspondant à un angle de Bragg de 11°,9 au lieu de 11°,8 théorique) et que la raie 110 est formée de trois composantes, l'une à la position théorique ($\alpha = 16°,8$), les deux autres symétriquement placées à 16°,2 et 17°,2, les raies de structure suivantes, 210, 211, etc. sont trop faibles pour pouvoir être étudiées de façon précise.

2° Dans le cas d'un monocristal nous avons pu observer la forme des zones de diffusion, entourant les nœuds de structure.

Chacun de ceux-ci est entouré de groupes de deux zones de diffusion symétriques placés sur des rangées *parallèles à deux des axes quaternaires du réseau réciproque*.

La figure 1 montre par exemple la disposition de ces zones pour les nœuds 100 et 110.

Cette disposition du réseau réciproque explique les phénomènes observés sur les diagrammes de poudre : anneau 100, de rayon plus grand que celui correspondant à la raie 100; anneau 110, large et symétrique par rapport à la raie théorique 110.

Pour expliquer l'élargissement des raies de surstructure de l'état d'ordre imparfait, Jones et Sykes avaient eu l'idée que le cristal était composé de domaines de petites dimensions parfaitement ordonnées, mais dont les réseaux

---

(1) Séance du 23 décembre 1946.

(2) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 555.

(3) A. J. C. Wilson, *Proc. Roy. Soc.*, A, 181, 1943, p. 360; Z. Wilchinsky, *Journal of Applied Physics*, 15, XII, 1944, p. 807; C. H. Mac Gillavry et B. Stryk, *Physica*, 11, V, 1946, p. 369; 12, II-III, 1946, p. 129.

n'étaient pas cohérents entre eux, c'est-à-dire où les atomes d'or occupaient des plans différents dans la maille pour chaque domaine.

Il nous est possible de préciser la disposition relative de ces domaines et leurs dimensions approximatives.

Le fait que les zones de diffusion soient situées sur des axes (100) dans le réseau réciproque montre que, dans le cristal, les plans (100) jouent un rôle prépondérant dans les défauts de structure. Considérons dans une direction (100) un empilement de plusieurs couches d'égale épaisseur limitées par des plans (100) ordonnés, alternativement, suivant les deux modes possibles qui conservent les atomes d'or dans lesdits plans réticulaires (100) (*fig.* 2). Si l'on

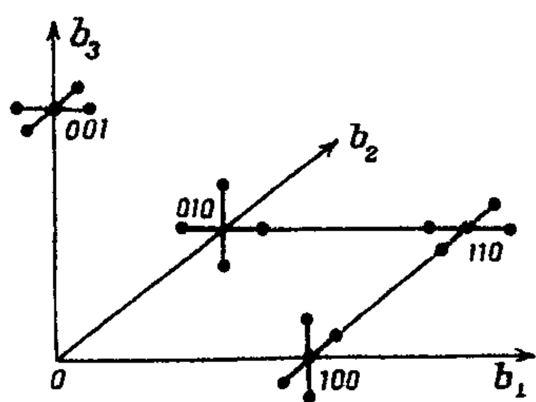


Fig. 1.

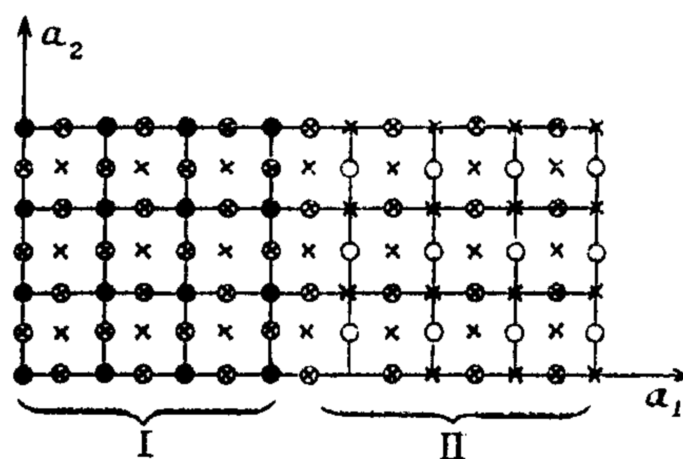


Fig. 2.

Fig. 1. — Zones de diffusion dans le réseau réciproque.

Fig. 2. — Représentation de deux domaines perpendiculaires à la direction a_1.
● Atomes d'or aux cotes 0, 2, 4, ...
○ Atomes d'or aux cotes 1, 3, 5, ...
× Atomes de cuivre aux cotes 0, 2, 4, ...
⊕ Atomes de cuivre aux cotes 1, 3, 5, ...

suppose dans le cristal trois séries de tels domaines feuilletés parallèlement aux trois faces du cube, on rend compte des diffusions anormales observées. Le flou des taches provient de ce que la régularité des épaisseurs des feuillets n'est pas parfaite et que leur nombre est faible. L'épaisseur moyenne des feuillets serait de 150 Å. Leur diamètre serait à peu près du même ordre de grandeur. Ce qui est remarquable, c'est que pour un certain domaine de traitement thermique : refroidissement lent à partir de 400° ($T_c = 388°$) en 10 minutes, ou bien recuit de deux heures à 175°, ou encore deux heures à 250°, on trouve toujours la même valeur de l'écartement des composantes des raies (110) et par suite de l'épaisseur des feuillets. Il semble donc qu'entre l'état de désordre (où ne subsiste qu'un ordre partiel à petite distance) et l'état ordonné, l'alliage passe par un état intermédiaire que nous avons décrit et qui possède une certaine stabilité. Il est intéressant de rapprocher ce processus de la transformation désordre-ordre dans l'alliage de formule Au-Cu. Johansson et Linde ont montré qu'il existait une phase intermédiaire caractérisée par l'alternance de dix couches, où l'atome d'or est au centre de la maille, suivies de dix couches où l'atome d'or est à un sommet de la maille. Dans ce cas particulier, la pério-

dicité est si parfaite que les zones de diffusion deviennent des taches aussi nettes que celles d'un cristal ordonné. Dans le cas de Au-Cu_3 un état aussi parfait n'est pas atteint, mais la phase intermédiaire tend néanmoins à se former.

Cet exemple met en évidence le rôle que joue dans la transformation à l'état solide, d'une part certains plans cristallins privilégiés, et d'autre part l'apparition d'une périodicité à une échelle de l'ordre de 100 Å. Ces deux faits ont déjà été signalés dans certaines études de métaux. Le premier a trouvé une application dans la transformation du cobalt hexagonal en cobalt cubique, et le phénomène de précipitation dans les alliages aluminium-cuivre; le second dans les alliages fer-nickel-cuivre pour lesquels Lipson a signalé une structure lamellaire.

GÉOLOGIE. — *Le glaciaire des environs de Lourdes.* Note de M^lle **Henriette Alimen**, présentée par M. Charles Jacob.

Phases glaciaires pliocènes. — Au cours de phases glaciaires probablement pliocènes, une vaste calotte de glace s'est étendue sur la région lourdaise, recouvrant presque tous les sommets. Son front se maintenait approximativement à une altitude de 580 à 600^m et se raccordait vraisemblablement, au nord de Lourdes, avec les formations torrentielles du cône de Ger (du type Lannemezan) dont l'altitude, près du front glaciaire, était voisine de 550^m. Les dépôts glaciaires correspondant à ces périodes sont constitués par des blocs erratiques, non enrobés d'argile, jonchant les sommets, dont ils laissent aisément voir la morphologie glaciaire.

Moraines externes et hautes terrasses. — Durant le Quaternaire, une première phase a provoqué la descente, jusque sur un front dépassant Lourdes de quelques kilomètres vers le Nord, d'un glacier déjà un peu encaissé, ne recouvrant plus les sommets, mais occupant cependant une surface nettement plus large que l'actuelle vallée du Gave, et le dominant de 150^m environ. Ce glacier se terminait suivant un vaste arc de cercle, centré plus à l'Ouest que Lourdes, bordé par une moraine frontale qui bute contre la formation du cône de Ger, en lui restant inférieure (altitude 500 et 520^m). En avant du front glaciaire se voient, en plusieurs points, des formations fluvio-glaciaires très démantelées et plusieurs replats d'érosion (altitude 460 à 470^m au voisinage de la moraine). Vers Peyrouse, ces formations fluvio-glaciaires dominent le Gave de plus de 110^m.

Un véritable glacier de vallée succéda au précédent. Encaissé dans la vallée du Gave jusqu'à Lourdes, mais surmontant le thalweg actuel d'une soixantaine de mètres, il se prolongeait ensuite par plusieurs bras qui s'arrêtaient sur l'arc de cercle formant le front du glacier précédent. Deux bras septentrionaux se dirigeaient vers les vallées aujourd'hui sèches de Loubajac et d'Adé. Leurs moraines frontales (Poueyferré, Saux, altitude 445-448^m) se raccordent à

des formations fluvio-glaciaires constituant le fond actuel de ces vallées; leur altitude est de 428 à 430^{m} au voisinage de la moraine frontale. Elles passent à une terrasse qui, rejoignant le Gave à Pau, le domine en ce point de 67^{m}. Il est possible qu'un bras latéral occidental ait emprunté pendant quelque temps la dépression presque E.-W. du Lac de Lourdes (1), tandis qu'un autre bras latéral s'engageait vers l'Est dans la vallée de Lézignan.

Un stade postérieur de stationnement du glacier a amené l'abandon des deux vallées septentrionales de Loubajac et d'Adé. Le glacier s'est alors arrêté sur une moraine ceinturant immédiatement Lourdes (Marcadau-Sarsan, altitude 420^{m}). A ce stade correspond le fluvio-glaciaire de la vallée de Lézignan, inférieur à celui des vallées septentrionales (410^{m} au voisinage de la moraine) et probablement aussi la terrase de 411^{m} du Bois de Subercarrère, qui surmonte le Gave de 60^{m}.

On peut se demander s'il faut voir plusieurs époques glaciaires dans l'ensemble des dépôts morainiques dont il vient d'être question, malgré les traces d'érosion accompagnant le premier stade (l'érosion est normale en période de crue et de maximun glaciaire). Les tracés des langues glaciaires dans ces divers stades, tels qu'on peut les reconstituer, évoquent plutôt une décrue sur place, sans recul appréciable, avec séparation en plusieurs bras, comme cela s'observe dans les décrues des glaciers actuels. Ainsi pourrait s'expliquer l'arrêt du véritable premier glacier de vallée sur le front même du vaste glacier antérieur. Enfin les dépôts glaciaires de toute cette période ont des caractères sensiblement homogènes : il s'agit de blocs erratiques, enrobés dans une très faible quantité d'argile; leur épaisseur est toujours faible, et ils donnent l'impression d'un glaciaire très ancien.

Les dépôts de cette longue phase glaciaire, pendant laquelle le glacier a commencé à s'encaisser dans la vallée, ne sont nulle part, dans les Pyrénées, conservés comme dans la région de Lourdes.

Moraines internes et basses terrasses. — Des dépôts glaciaires plus internes de la chaîne s'observent à Argelès. Ils contiennent une notable épaisseur d'argile et ont un aspect très frais. Leur passage à des formations fluviatiles ne paraît pas conservé. Celles-ci, d'Argelès à Aspin, consistent uniquement en terrasses de lobes de méandres surmontant le Gave de 5^{m} seulement. En aval d'Aspin et de Lourdes se développe l'ensemble des basses terrasses de 25-30^{m}, 15-18^{m} et 10^{m}.

---

(1) P. Lasserre, *La morphologie glaciaire du Bassin de Lourdes* (*Revue géogr. des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 1, 1930, p. 302.)

GÉOLOGIE. — *L'accident majeur de l'Anti-Atlas.*
Note de M. **Georges Choubert**, présentée par M. Charles Jacob.

On connaît déjà suffisamment la nature et la signification du grand accident sud-atlasien qui traverse le Maroc de part en part et sépare la chaîne précambrienne de l'Anti-Atlas du domaine atlasique hercynien. Un autre accident tectonique, d'une importance comparable, traverse de l'Est à l'Ouest la chaîne anti-atlasique elle-même, et l'on suit cet *accident majeur de l'Anti-Atlas* sur plus de 400^{km}, depuis les abords du Sous jusque dans la région de Taouz.

Je l'ai étudié d'abord en 1939, dans la région de Zagora (O. Dra), où il se présente sous la forme d'un graben affaissé de plusieurs centaines de mètres (coupure du Bani au Tizi Tafilalet, chaînon quartzitique de Zagora traversant les schistes de la plaine ordovicienne du Dra, vaste couloir ordovicien recoupant obliquement la koudiat acadienne des Aït Yahia et se continuant vers l'Ouest à travers les calcaires géorgiens). Ailleurs il revêt la forme d'un faisceau de failles ou même d'une large zone faillée. On le retrouve le long de la bordure Nord des boutonnières précambriennes d'El Graara et du Bou Azzer célèbres par leurs gisements de cobalt. Plus à l'Ouest, il longe la chaîne précambrienne quartzitique d'Amsing-Aoutil (Tazenakht), où il est jalonné par des lambeaux de calcaires géorgiens s'intercalant entre cette chaîne et les rhyolites de la Bachkoun. Il remonte ensuite l'Oued Amara (Aït Ouakharda) pour aller longer le pied méridional du massif précambrien du Siroua. Enfin il rejoint par Irhil n'Oro le pied du J. Aouderdoukt, sommet culminant des environs de Taliouine, pour se perdre dans la masse des calcaires géorgiens verticaux des Ikhizious à travers lesquels il semble rejoindre l'accident sud-atlasien en amont d'Aoulouz.

Dans la région du Siroua, l'accident majeur est doublé d'un accident satellite, traversant obliquement, suivant une direction Ouest-Sud-Ouest, l'appareil volcanique du Siroua et la vallée d'Irhiri. De même, dans la région de Taliouine, un faisceau de failles s'en sépare. Il va rejoindre la plaine du Sous par le Sud en longeant l'Oued Arhrenne.

Dans la direction de l'Est, le graben de Zagora se continue jusqu'à Oum Jerane pour rejoindre au Sud des Maider la zone faillée du J. Mrhorfi. Il remonte ensuite la vallée du Ziz jusqu'à Taouz, puis se perd à l'Est dans les étendues carbonifères du Kseit.

De direction sensiblement Ouest-Est le long du massif de Siroua, l'accident majeur s'oriente à partir de Tazenakht vers l'Est-Sud-Est puis, à Zagora, rebrousse vers l'Est-Nord-Est.

L'âge hercynien de l'accident majeur de l'Anti-Atlas ne peut pas être mis en doute. On doit le considérer comme immédiatement postérieur à la phase des plis de couverture et par conséquent contemporain de celle du soulèvement du

pli de fond hercynien de l'Anti-Atlas ([1]). En effet son comportement dans la région de Zagora, où il recoupe les éléments structuraux, démontre qu'il est pratiquement indépendant du plissement hercynien proprement dit.

Par contre l'accident majeur contourne les éléments tectoniques dont l'érection était due aux prédispositions structurales du socle précambrien. De plus, sur la majeure partie de sa longueur, il est jalonné de bandes ou lentilles de serpentine (El Garra, Bou Azzer, O. Amra, flanc sud du Siroua). Enfin, dans sa traversée de certains massifs précambriens (O. Amara, N' Kob, Zaouia Amassine), il se confond avec des accidents tectoniques précambriens (zones d'écrasement et de laminage, cicatrices d'anciens chevauchements, etc.). C'est donc un accident majeur de la chaîne précambrienne, repris par l'orogénie hercynienne, ce qui explique son orientation et son indépendance par rapport à la tectonique hercynienne.

L'accident majeur de l'Anti-Atlas fut également repris par l'orogénie alpine. Son rejet récent, se traduisant par un soulèvement de sa lèvre nord, ne se manifeste que dans la partie occidentale (entre Taliouine et Tazenakht) et devient insensible vers l'Est. Ce fait est particulièrement frappant au droit du massif précambrien du Siroua : les coulées phonolitiques qui le surmontent sont soulevées de près de 500^m par rapport aux étendues laviques s'étalant à ses pieds. Parfois le soulèvement fut même accompagné de renversements locaux (écaille de serpentine entre les Ait Athmane et Arg des Zagmouzan accompagnée de copeaux de quartzites précambriens et de calcaires géorgiens, chevauchant sur plus de 500^m les phonolites de la lèvre abaissée).

Le soulèvement récent a également affecté l'accident de l'Oued Arhrene, qui décale de 200^m environ la surface préhammadienne ([2]), ainsi que l'accident satellite traversant le volcan du Siroua, auquel ce dernier est redevable de sa dissymétrie.

J'ai établi récemment ([3]) que les éruptions principales du Siroua datent de la fin du Pontien. Le dernier rejeu de l'accident majeur de l'Anti-Atlas est donc dû aux toutes dernières phases tectoniques alpines (phase postpontienne et phase pliocène).

([1]) G. CHOUBERT, *Au sujet du terme de l'Anti-Atlas*, voir *Revue de Géographie marocaine*, n° **1**, 1943 p. 20.

([2]) G. CHOUBERT, *Comptes rendus*, **213**, 1941 p. 586.

([3]) *Note préliminaire sur le **Pontien** au **Maroc*** (*Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5^e série, **15**, 1945, p. 734).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la détermination de la couche de sol gelé.* Note de MM. **André Cailleux** et **Émile Thellier**, présentée par M. Charles Maurain.

Faute, semble-t-il, de dispositifs de mesure suffisamment simples, le gel du sol est encore mal connu. Son étude, cependant, s'avère si importante pour l'agronomie, l'hydrologie et les travaux publics, qu'elle suscite des recherches de plus en plus nombreuses; récemment Kirk Bryan (¹) a proposé pour elle le nom de cryopédologie.

Recherchant un procédé de mesure de la couche de sol gelé susceptible d'être appliqué en de nombreuses stations, nous avons renoncé à la méthode directe des agronomes, peu précise et trop laborieuse, et aux sondages thermométriques (thermomètres ordinaires, à résistance de platine ou thermoélectriques) trop longs ou trop coûteux et nous avons fait appel au gel même de l'eau. Un tube de verre cylindrique mesurant 80^{cm} de longueur, 30^{mm} de diamètre et 2^{mm} d'épaisseur, est placé. à demeure, verticalement dans le sol; son extrémité inférieure est fermée et son extrémité supérieure qui émerge de quelques centimètres est coiffée d'un petit couvercle. On sait par ailleurs (mesure ordinaire de la température du sol) que, dans ces conditions, la température de l'atmosphère du tube est, en chaque point, égale à celle du sol encaissant. Dans le tube de verre est logée une tige de bois, de même hauteur que le tube, portant une graduation en demi-centimètres dont le zéro coïncide avec la surface du sol. La tige, aplanie sur un côté, est creusée d'encoches, régulièrement espacées de 6 en 6^{mm}, portant chacune un tube de verre, horizontal (20^{mm} de long et 4^{mm} de diamètre), ouvert aux deux bouts et rempli d'eau qui s'y maintient par capillarité. L'eau peut geler dans ces tubes sans les briser et on lit l'épaisseur de la couche de sol gelé en sortant la tige et en observant les positions des tubes remplis de glace. Le matériel est ainsi très simple, les lectures sont directes et presque instantanées et la précision de la mesure est excellente; les variations observées d'un jour à l'autre correspondent ici à un phénomène réel.

Nous nous proposons de préparer pour l'hiver prochain un dispositif plus robuste en remplaçant le tube de verre extérieur par un tube de céramique et la tige en bois par une tige en matière plastique; des essais de coloration de l'eau pour améliorer la visibilité du gel, et de fermeture des petits tubes sont en cours.

L'appareil décrit a été installé à l'Observatoire du Parc Saint-Maur, le 1er décembre 1946, dans un sol gazonné et il a été lu chaque jour à 15^{h} (T. U.). Nous avons pu ainsi, durant tout l'hiver dernier, suivre pendant chacune des

(¹) *Amer. Journ. Sci.*, 244, 1946, pp. 622-642.

périodes froides la pénétration du gel dans le sol et, ensuite, la marche du dégel par le haut et par le bas. Les mesures courantes de la température de l'air sous abri et de la température du sol aux profondeurs $0^m,30$, $0^m,65$ et 1^m étant, d'autre part, poursuivies au voisinage immédiat du *cryopédomètre*, on a ainsi des documents précis sur l'évolution thermique de la surface du sol gazonné de l'Observatoire, durant un hiver, évolution dans laquelle la circulation de la vapeur d'eau, du sol plus chaud vers la couche gelée où elle se condense, nous semble jouer un rôle important.

A titre d'exemple, voici les limites supérieure et inférieure de la couche gelée (comptées en cm), à 15 h., pendant la période de gel la plus sévère de l'hiver 1946-1947; l'indication o pour le niveau supérieur correspond évidemment au sol gelé en surface.

	Janvier 1947.									
Date	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.
Niveau supérieur...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Niveau inférieur...	0	2	3	5	8	10	12,5	14	23	24

	Février 1947.									
Date	1er.	2.	3.	4.	5.	6 (*).	7.	8.	9.	10.
Niveau supérieur...	0	0	3	5,5	7	7	7	6,5	7,5	0
Niveau inférieur...	24	23,5	23	16	16	16	16	15	12,5	0

(*) et de 0 à 0,5.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur les rechs, sillons sous-marins du Plateau Continental des Albères (Pyrénées-Orientales).* Note de M. **Jacques Bourcart**.

Georges Pruvôt avait entrepris à bord du *Roland*, vapeur du Laboratoire de Banyuls, une étude par sondages et dragages du Plateau Continental au large des Albères et du Roussillon ([1]).

Un des traits les plus remarquables de la morphologie de ce plateau est d'être creusé de deux profonds sillons sous-marins, auxquels Pruvôt a donné le nom de *rechs* : ravins en catalan, le rech Lacaze-Duthiers et le rech du Cap.

Ces sillons sous-marins sont comparables à ceux qui, en très grand nombre, accidentent le Plateau Continental des États-Unis ou celui du Portugal ([2]). Comme eux, ils débutent vers la cote — 200 par une sorte de cirque. Leur pente, qui paraît à l'origine de 2,5 %, s'accroît vers l'aval jusqu'à atteindre 3 %. Celle des rives ne dépasse pas 20°. Ce ne sont donc pas de véritables *cañons*, nom que leur donnent en général les auteurs américains.

L'explication de ces curieux ravins a été cherchée, depuis Eduard Suess,

([1]) *Archives et Zoologie expérim. et gén.*, 3e série, **2**, 1894, pp. 599-672.

([2]) *Revue critique* dans Cl. Francis Boeuf, *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dyn.*, 3e série, **11**, p. 399, et Perpillou, *Ann. de Géol.*, 52, 1943, p 292.

dans les actions les plus variées : érosion de fleuves au cours d'une période de régression, failles ou effondrements, érosion par des courants de retour sous-marins chargés de sédiments au cours de la période glaciaire. Cette dernière hypothèse, suggérée à Daly par le sillon sous-lacustre du Rhône, a été appuyée par des expériences *ad hoc* de Kuenen en Hollande et de Bell aux États-Unis, en supposant que les parois ne sont pas formées de roches dures.

Au cours de l'été de 1946, j'ai exploré à bord du dragueur de mines 333, le rech Lacaze-Duthiers. Il n'est pas encore possible de dire si ses parois, actuellement recouvertes de boue bleue méditerranéenne, sont faites en roche dure ou non. Mais au voisinage du cirque initial du sillon, s'élève la roche Fountaindreau, véritable pic sous-marin, dont les abords sont recouverts, comme l'avait déjà indiqué Pruvôt, d'un cailloutis dont les éléments peuvent atteindre la dimension d'une tête d'enfant. Ce cailloutis se poursuit d'ailleurs jusqu'à 600^m sous la boue bleue qui remplit le thalweg. Il est fait de quartz de filon, de quartzite, de granite, de schistes verts du type de ceux des Albères, tous patinés de fer, enfin, de calcaires gris noirs, de calcaires blancs à alvéolines, de grès marins littoraux à ciment de calcite limpide.

Si la plupart de ces roches existent dans les Albères, un premier problème est posé par les cailloux calcaires, notamment par ceux à alvéolines que M. R. Abrard estime crétacés. Ils ne peuvent provenir que d'affleurements sous-marins, encore inconnus, ou d'une couverture sédimentaire des Albères, actuellement entièrement disparue, de composition analogue à celles des régions calcaires de l'Espagne.

Quant aux graviers de grès marins, ils ne ressemblent qu'au Quaternaire ancien (Tyrrhénien supposé) d'Agde ou de Leucate. Si cette attribution était vérifiée, elle donnerait un âge post-tyrrhénien au creusement du sillon.

L'existence d'un cailloutis tout du long du chenal nous oblige aussi à choisir, comme mode de formation du sillon, l'érosion subaérienne d'une rivière. Mais cette explication se heurte à deux diffficultés :

1° Le profil en long du sillon montre, contrairement à celui d'une rivière, un accroissement de la pente de l'amont vers l'aval.

2° Il est impossible d'imaginer au cours du Quaternaire, une régression marine de l'ordre de 800^m au moins. L'une et l'autre de ces objections peuvent pourtant être levées si l'on admet une déformation en synclinal du fond de la mer s'opposant à la déformation en anticlinal de Albères.

Cette dernière explication peut s'appuyer sur la faune des Mollusques, tous littoraux, dragués avec le cailloutis dans toute l'étendue du rech.

Ces coquilles sont de teinte grise, fortement corrodées et partiellement transformées en gypse; ce sont (1) :

---

(1) Détermination de M. A. Chavan.

Fissurella græca (LK), *Capulus hungaricus* (L), *Circe (Gouldia) minima* (MTG), *Glans (Cardita) aculeata* (POLI), *Venus verrucosa* (L), *Barbatia nodulosa* (MÜLL.), *Chlamys clavata* (POLI), *Nuculana fragilis* (CHEMN.), *Astarte fusca* (POLI), *Astarte sulcata* (DA COSTA), *Modiola modiolus* (L), auquel il faut ajouter : *Terebratula vitræa* (GM.), des baguettes et fragments de test de *Cidaris*.

Parmi ces espèces : *Modiola modiolus* et *Astarte sulcata* sont des espèces *boréales*, déjà draguées par Pruvôt au cap Creus dans les cailloutis qui recouvrent à partir de 70 mètres le Plateau Continental et se prolongent sous les boues du large. Il avait d'ailleurs recueilli, au voisinage de Fountaindreau, parmi des espèces méditerranéennes, un autre Gastéropode de la faune froide *Neptunea contraria* (L).

La faune du Cap Creus était considérée par Pruvôt comme appartenant au Sicilien. Mais cet étage est manifestement transgressif (son littoral serait à +90-100), et il est le plus souvent représenté par des *marnes* bleues, équivalent des boues du large.

Il faut donc supposer que le Sicilien a été profondément déformé. Mais si l'on accepte cette déformation, je crois qu'il est plus simple, étant donné le faciès très grossier du sédiment, de l'attribuer à une phase régressive et à une époque glaciaire et peut-être même, vu qu'une seule couche mince de boue le recouvre, à la dernière époque glaciaire.

Le rech n'a peut-être pas été creusé aussi tard, mais la présence de cailloutis montre qu'il a coulé à ce moment.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Circulation basifuge des auxines dans les tissus de la Vigne*. Note [1] de M. **FRANÇOIS NYSTÉRAKIS**, présentée par M. Joseph Magrou.

Des expériences sur la Vigne, tant à la lumière qu'à l'obscurité, nous ont laissé supposer que la circulation des auxines, considérée généralement comme basipète, pouvait être basifuge.

Pour le démontrer, nous avons appliqué à différents endroits (entre-nœuds, feuilles) de tiges de Vigne un emplâtre de lanoline contenant 50 à 200^{mg} d'acide indol-β-acétique par gramme de lanoline; les témoins recevaient le même enduit sans auxine.

Le tableau ci-après contient les résultats de quelques-unes de nos expériences de 1944, résultats confirmés en 1945 et 1946.

L'application d'un emplâtre auxiné (200^{mg}) sur le pétiole de la 4^{e} feuille à partir du sommet (la tige en portait 7), à 5^{mm} de son point d'insertion, de plusieurs tiges, maintenues à la lumière, de l'hybride Seibel 8916, provoque :

(1) Séance du 14 avril 1947.

mg d'auxine par g. de lanoline.	Endroits de l'application de l'auxine.	Longueurs de la tige. Au début. Dates.	cm.	A la fin. Dates.	cm.	Allongement. cm.
	Cépage : S. 8916 en pots, gardé au laboratoire.					
100	Les deux nervures principales de la troisième feuille (à partir du sommet de la tige).	29-4	9	10-6	9,5	0,5
Témoin	id.	29-4	8	10-6	45	**37**
100	Milieu du pétiole des deuxième et troisième feuilles.	25-5	11	25-6	22,5	11,5
Témoin	id.	25-5	7	25-6	49	**42**
	Cépage : Chasselas, développé en plein soleil.					
200	Point d'insertion du pétiole de la deuxième feuille.	10-5	41	29-6	42	1
Témoin	id.	10-5	36	29-6	96	**60**
200	Milieu du pétiole de la troisième feuille.	20-6	65	20-7	82	17
Témoin	id.	20-6	62	20-7	96	**34**
	Cépage : Musqué, développé à l'ombre d'un arbre.					
200	Point d'insertion du pétiole des troisième et quatrième feuilles.	5-5	62	16-6	62	0
200	Point d'insertion du pétiole des troisième et quatrième feuilles et un emplâtre annulaire sur le quatrième entre-nœud.	5-5	73	19-6	74	1
Témoin	id.	5-5	53	19-6	138	**85**
	Cépage : Riparia-Gloire, développé en plein soleil.					
200	Point d'insertion du pétiole de la troisième feuille.	26-5	80	19-6	102	22
200	Point d'insertion du pétiole de la quatrième feuille.	26-5	75	19-6	135	60
Témoin	id.	26-5	65	19-6	258	**193**
	Cépage : S. 5455, développé à l'ombre d'un arbre.					
200	La base du pétiole de la deuxième feuille.	26-5	61	19-6	68	7
200	La base du pétiole de la troisième feuille.	26-5	67	19-6	80	13
200	Un emplâtre annulaire sur le quatrième entre-nœud.	26-5	58	19-6	60	2
Témoin	id.	26-5	50	19-6	115	**65**

au bout de 3 jours, une forte prolifération des cellules des nœuds supportant le pétiole et, 10 jours après, l'augmentation de volume d'une grande partie des mérithalles contigus aux nœuds, mais du côté seulement de la feuille traitée, d'où aplatissement identique des deux mérithalles du même nœud, mais allant en diminuant à partir de celui-ci. En même temps, la croissance de l'extrémité de la tige était inhibée, parfois même complètement arrêtée.

Par la même méthode, nous avons observé avec de jeunes feuilles (emplâtre appliqué sur la base des pétioles) :

1° l'inhibition de la croissance du pétiole et du limbe,

2° le plissement plus ou moins complet du limbe suivant la nervure médiane, aussi bien du côté supérieur que du côté inférieur.

Comme dans les expériences sur la croissance de la tige, d'autres facteurs que la concentration en auxine doivent intervenir : l'époque du traitement, la variété, les conditions extérieures, la teneur en auxine de chaque plante, la sensibilité des cellules vis-à-vis des auxines, la perméabilité du protoplasme, etc. Comme précédemment, la croissance du bourgeon terminal était inhibée.

Nous avons observé également, à la suite du traitement d'entre-nœuds ayant terminé leur croissance, l'apparition d'une vrille sur le mérithalle situé au-dessus.

En résumé, à la suite de l'application d'auxine sur la tige et sur le pétiole :

1° l'inhibition de la croissance du bourgeon terminal, de la feuille, les plissements du limbe,

2° l'apparition d'hypertrophies sur les mérithalles situés au-dessus du point d'application,

3° la formation d'une vrille sur l'entre-nœud supérieur à celui qui a été traité, constituent un ensemble de faits, qui mettent tout d'abord et une fois de plus en évidence le rôle des phytohormones et montrent que ces substances peuvent circuler, dans la Vigne tout au moins, dans le sens basifuge.

ANATOMIE. — *Soulèvements corticaux d'origine vasculaire sur le cerveau de l'Éléphant.* Note de M. **Jean Anthony**, transmise par M. Louis Fage.

Deux sortes de méthodes ont été utilisées jusqu'ici pour étudier le cerveau de l'Éléphant. La première consiste à confectionner des moulages endocraniens; on a ainsi la forme exacte de l'organe, mais en raison de l'épaisseur de la dure-mère, il n'est possible de déceler aucun plissement. Suivant la seconde, on prélève le cerveau aussitôt après la mort et on l'immerge dans un fixateur; tout l'appareil circonvolutionnaire apparaît alors en bon état, mais le cerveau tendant à s'étaler du fait de son poids, sa forme générale s'altère considérablement au cours de la fixation. J'ai récemment préparé un cerveau d'Éléphant adulte de l'Inde en le fixant directement dans le crâne par un

procédé banal, couramment employé par plusieurs auteurs pour différents groupes de Mammifères. Une solution de formol à 10 % a été injectée dans le système carotidien; sa pénétration dans le tissu cérébral a été complétée par l'aménagement de deux orifices de trépanation mettant à jour la dure-mère en regard de l'extrémité antérieure des hémisphères. La tête entière est ensuite demeurée trois semaines dans une cuve remplie de formol à 15 % ; après quoi, le crâne a été détruit tout autour du cerveau. C'est la première fois qu'un cerveau d'Éléphant est fixé de cette façon.

Je pensais que ce cerveau durci en position se bornerait à réunir les qualités des pièces antérieurement préparées et pourrait éventuellement servir, par exemple, à calculer des indices nécessitant le repérage de certaines anfractuosités. Or, en excisant la dure-mère, j'ai mis à jour un ensemble de formations qui, à ma connaissance, n'avaient encore jamais été signalées.

Sur la totalité de l'écorce, de place en place, le neopallium est très légèrement soulevé en petites éminences coniques centrées chacune sur un paquet vasculaire. Il n'y a là rien qui puisse surprendre. Les veines se rendant du cortex à la dure-mère, particulièrement développées dans le cas présent par suite de la taille énorme de l'animal, rendent apparente une déformation pratiquement insensible sur les autres Mammifères. Mais, dans la partie postérieure de la face supérieure du cerveau, dans le voisinage du pôle occipital par conséquent, ces petits cônes de substance grise prennent un développement tel, qu'ils peuvent atteindre un centimètre de long sur un centimètre de diamètre à leur extrémité distale. Ce sont alors des éléments pédonculés, papilliformes, qui seraient caractéristiques de l'Éléphant. La morphologie des circonvolutions occipitales, qui les supportent, s'en trouvent appréciablement modifiées.

Les soulèvements que j'ai observés ne sont certainement pas des artefacts puisque l'encéphale a été fixé tel qu'il se présente sur le vivant. Ils sont du reste tous contenus dans des logettes creusées dans l'épaisseur de la dure-mère. Les fibres conjonctives s'ordonnent autour de ces logettes, spécialement à leur entrée où elles tissent un collet très dense. L'hypothèse d'artifices de préparation est ainsi éliminée. On comprend que ces soulèvements aient jusqu'à présent échappé à l'attention des anatomistes, car, ni le cerveau immergé, qui s'affaisse immédiatement, ni le moulage endocranien, qui reproduit seulement la face superficielle de la dure-mère, n'en peuvent donner la moindre idée. Le fait qu'ils se groupent, sur chaque hémisphère, dans l'angle formé par la faux du cerveau et la tente du cervelet, me paraît très significatif : c'est là que se place en effet, sur la ligne médiane, entre deux feuillets duremériens, le pressoir d'Hérophile, l'un des principaux confluents veineux céphaliques. Il était normal, *a priori*, que les papilles les plus élevées se situent à l'endroit où la circulation veineuse est le plus intense.

Sous réserve qu'il s'agisse d'une variation individuelle — ce qu'il m'est impossible de contrôler pour l'instant — on peut en somme tirer de cette

observation la conclusion suivante : chez l'Éléphant, mammifère de taille exceptionnelle et dont le système veineux céphalique est justement réputé pour sa complexité, les veines allant du cerveau à la dure-mère sont capables de soulever de place en place de petits territoires corticaux, qui prennent l'allure de papilles corticales, propres à l'Éléphant, aux endroits où la circulation veineuse atteint son maximum d'intensité. J'ajoute que le même encéphale m'a fourni par ailleurs de précieux renseignements, qui seront prochainement publiés, sur la constitution du polygone de Willis et les rapports de la loge hypophysaire.

ÉVOLUTION MORPHOLOGIQUE. — *Aperçu synthétique de l'évolution de l'appendice cæcal. Évolution de l'appendice et phénomène d'adaptation.* Note de M. **Frédéric Gluckmann**, transmise par M. Paul Portier.

Dans une série de Notes, nous avons déjà envisagé le problème de la signification morphologique et fonctionnelle de l'appendice, sous ses différents aspects : anatomique, structural, embryologique et évolutif. Des faits rapportés il résulte en particulier que la conception si fortement ancrée depuis la fin du siècle dernier d'après laquelle l'appendice ne serait que l'extrémité atrophiée, par dessuétude, du cæcum plus ample des Herbivores, n'est qu'une vue de l'esprit. L'appendice, malgré une infériorité organique manifeste (due à une dégradation secondaire toute récente), est un organe en pleine évolution phylétique, une des aquisitions les plus caractéristiques de la forme primate.

L'évolution de l'appendice, depuis sa première ébauche contractile, jusqu'à ses formes les plus perfectionnées chez les Primates supérieurs, est en corrélation symétrique avec le développement progressif de l'attitude bipède. Or, ces deux phénomènes ne sont pas seulement corrélatifs. Un rapport de causalité directe entre eux s'avère nécessaire pour de multiples raisons :

1° Le côlon droit est devenu *ascendant* chez les Primates;

2° L'énergie neuro-musculaire nécessaire pour la propulsion d'une masse lourde et épaisse ne peut pas être *la même* dans un canal vertical ou horizontal;

3° A un travail accru, si l'équilibre fonctionnel s'est rétabli, a dû correspondre inéluctablement *une hypertrophie adéquate* des dispositifs neuro-musculaires en cause;

4° La réalité de cette hypertrophie est prouvée anatomiquement par la présence au niveau de l'ébauche appendiculaire contractile des Singes inférieurs (précisément de ceux qui ont manifesté les premières tentatives d'érection, voir figures 1 et 2, planche I, Note du 28 avril 1947), d'un ganglion sympathique [1] hautement différencié (*fig.* 21-26);

5° La filiation directe entre l'appendice contractile et l'appendice différencié

[1] *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 517.

est établie par plusieurs faits, dont : l'*identité* du point cæcal où se produit l'appendiculisation contractile chez les Singes, avec celui où *s'implante* l'appendice différencié (*fig.* 11, 12 et 13, planche I), chez les Primates supérieurs (qui, graduellement, ont adopté l'attitude bipède; voir figures 3-10 et 11-17, planche I); et le fait que l'appendice différencié constitue *la racine* des bandelettes (muscles releveurs du cæcum), tout comme l'appendice contractile constituait la racine des bandelettes primitives.

Le déterminisme probable du phénomène appendiculaire contractile est l'*action irritante* des matières sur son substratum nerveux, comme nous l'avons suggéré. Il apparaît ainsi comme un simple mouvement réactionnel *de défense*.

Cette hypothèse est plausible pour plusieurs raisons : 1° parce que le caractère de cette contraction est spasmodique; 2° parce que son résultat est l'occlusion hermétique de la cavité qu'elle délimite; 3° parce que l'alternative d'un rôle mécanique, de pétrissage, du phénomène n'est pas à envisager, la parcelle de paroi cæcale affectée par elle étant trop insignifiante pour avoir une action efficace sur la totalité d'un bol consistant et massif.

Cette hypothèse est corroborée aussi par le fait que les autres mouvements réactionnels qui se sont succédés au cours de l'évolution de l'appendice différencié portent tous l'empreinte d'une même essence *défensive*. Les critères morphologiques de cette évolution, en effet, sont les suivants : 1° *rétrécissement* progressif du canal, qui devient virtuel (forme de plus en plus cylindrique); 2° *ascension* graduelle de l'embouchure; 3° *valvulation* de plus en plus efficiente de l'orifice; 4° organisation *folliculaire* étalée.

Or, tous ces attributs, apparemment disparates, ont ceci de commun qu'ils révèlent une même tendance *soustractive*, active ou passive, d'un substrat nerveux fragile à l'action pernicieuse du milieu septique, qui, dans l'appendice humain, prendra le pas sur ses moyens de défense. *Cette action nocive des matières est d'ailleurs la seule explication de l'hypertrophie aberrante d'un organe qui, sans elle, devait se produire* in situ.

En résumé, isolement de la pointe cœcale, différenciation excentrique, migration ascendante, amplification de l'appareil lymphatique (qui fait de l'appendice, dont la flore microbienne est dans l'organe normal d'une pauvreté remarquable, une véritable amygdale, non pas abdominale, mais *sa propre* amygdale), acquisition de la valvule, enfin, terme d'une séparation complète entre canal appendiculaire et masse fécale, constituent donc autant d'étapes d'une longue évolution, dont les effets convergents ont été le renforcement continuel de l'autodéfense.

L'évolution de l'appendice cæcal est ainsi faite d'une suite ininterrompue de réactions adaptatives enchaînées, qui ont conduit peu à peu à la création *d'un organe nouveau*. C'est un exemple complet d'adaptation organique aux changements d'habitudes, qui entraînent des changements de besoins, puis d'actions, puis de formes, exemple conforme à l'esprit lamarckien le plus intégral, que les adeptes de toute autre théorie évolutive ne sauraient jamais interpréter de manière satisfaisante. Souligné par une indéniable et tangible empreinte *dans le germe* ([2]), il est en fait inaccessible aux solutions des petites variations au hasard des mutations, ou de l'adaptation germinale préétablie, ou de la sélection éliminatrice, qui isole si fortement l'organisme

([2]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 594.

vivant de son environnement (et qui, par son essence même, suppose : 1° une transmission héréditaire, non pas des modifications acquises, mais des variations *innées*; 2° une survivance *seulement* des organismes les mieux adaptés, présentant ces variations innées. Ce qui, en l'occurence, s'avère de la pure spéculation. Car les troubles de transit cæco-ascendant, s'ils sont effectifs ([3]), sont si insensiblement progressifs, si bénins, si insignifiants pour l'équilibre global de l'économie, qu'une incompatibilité quelconque, fût-elle relative, entre eux et la vie ou la capacité de reproduction, n'est guère concevable, et ceci pour *l'ensemble* des individus constituant le groupe).

Le concept lamarckien de l'évolution est seul capable de rendre compte, en accord avec les exigences d'un déterminisme scientifique rigoureux, d'une telle création organique lente, graduelle et en permanente corrélation avec les changements des conditions d'existence. L'évolution de l'appendice cæcal révèle en outre, et d'une manière éclatante, cet attribut fondamental de l'organisme vivant, qui est *sa plasticité*, postulat princeps de l'intuition de Lamarck, qui lui permet, dans son incessant conflit avec les forces implacables du milieu, d'en triompher en s'y modelant. Elle montre que la vie, dans son essence, est une force active qui tend à se manifester parmi les forces contraires du milieu, et qui ne se canalise que par les voies les plus accessibles pour une modalité donnée, suivant des équations rigoureuses, dont les termes, en éternelle fluctuation, constituent les facteurs de l'évolution.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Au sujet des sensations lumineuses en vision monoculaire et en vision binoculaire.* Note ([1]) de M. **Alexandre Ivanoff**, présentée par M. Jean Becquerel.

Un objet vu des deux yeux paraît-il plus brillant que le même objet vu d'un seul œil ? La question est controversée ([2]), quoique diverses expériences simples répondent par l'affirmative ([3]). Les seules mesures quantitatives qui aient été faites sont, à ma connaissance, celles de Fry et Bartley ([4]). Ces auteurs ont mesuré la brillance de deux plages juxtaposées, l'une vue binoculairement et l'autre monoculairement, à égalité de brillances apparentes. Il ressort de leurs mesures que pour obtenir l'égalité de brillances apparentes,

---

([3]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1183.

([1]) Séance du 9 avril 1947.

([2]) Voir, par exemple, l'article de L. Opin dans le tome II du *Traité d'Ophtamologie*.

([3]) En voici une que chacun peut facilement réaliser. On regarde une surface fortement éclairée en plaçant devant chaque œil un tube en papier. Faisant légèrement converger les deux tubes, en sorte que les deux champs monoculaires empiètent l'un sur l'autre, on observe que la partie commune aux deux champs, vue binoculairement, paraît nettement plus brillante que les champs monoculaires.

([4]) *Am. J. Ophtal.*, **16**, 1933, pp. 687-693.

la plage vue monoculairement doit être plus éclairée que celle vue binoculairement, dans un rapport moyen voisin de 1,6. Ce rapport augmenterait avec la brillance, et dépasserait même 2 aux fortes brillances, suivant Fry et Bartley.

Principe des mesures. — J'ai étudié le phénomène en lumière *dirigée*, utilisant à cet effet le montage déjà décrit dans une Note antérieure ([5]), complété par une troisième source ponctuelle S_3, placée près de la source S_1, en sorte que son image S'_3 tombe au centre de la pupille de l'autre œil de l'observateur. De cette façon la plage inférieure de la lentille, éclairée par S_2, était vue d'un seul œil, tandis que la plage supérieure, éclairée à la fois par S_1 et par S_3, était vue du même œil ou des deux yeux simultanément, suivant que la source S_3 était obturée ou non.

Les trois sources éclairaient en lumière jaune de sodium. Les deux sources S_1 et S_3 étaient réglées à égalité d'intensité, tandis que celle de la source S_2 était réglable à volonté à l'aide d'un rhéostat.

S_3 étant obturée, je réalisais, à l'aide du rhéostat, l'équilibre des brillances des deux plages. Si je découvrais à ce moment S_3, la plage supérieure, vue binoculairement, me paraissait plus brillante, et je réalisais à nouveau l'équilibre des brillances à l'aide du rhéostat agissant sur l'intensité de la source S_2. La comparaison des deux mesures me fournissait, après étalonnage et calcul simple, l'augmentation de la brillance apparente de la moitié supérieure de la lentille lorsqu'elle était vue binoculairement. La principale difficulté consistait à régler convenablement les points d'impact des trois pinceaux sur les pupilles de l'observateur, afin d'éviter l'intervention de l'effet Stiles-Crawford.

Résultats obtenus. — Les chiffres fournis ci-dessous sont relatifs à un seul observateur, et ne constituent par conséquent qu'une indication, probablement sujette à des variations individuelles. Chaque chiffre est la moyenne réalisée sur une cinquantaine de mesures.

Brillance de la plage vue monoculairement (en bougies par mètre carré)	50,5	2,31	0,116
Brillance apparente de la même plage vue binoculairement (en bougies par mètre carré)	70,8	3,04	0,142
Augmentation relative de brillance apparente en vision binoculaire (%)	40,0	31,6	22,4

De même que Fry et Bartley, je trouve que l'augmentation relative de brillance apparente en vision binoculaire augmente avec la brillance. Mais les chiffres obtenus sont nettement inférieurs à ceux indiqués par ces auteurs.

Lorsque l'on compare les brillances apparentes d'un objet en visions monoculaire et binoculaire non pas *simultanément* mais *successivement*, le pourcentage d'additivité des excitations lumineuses monoculaires est plus faible encore : l'occlusion d'un œil provoque une légère dilatation de la pupille de l'autre, et

([5]) A. Ivanoff, *Comptes rendus*, 223, 1946, pp. 170-172.

par conséquent une augmentation de son éclairement rétinien ([6]), augmentation qui a pour effet de compenser en partie la diminution de brillance apparente due à l'occlusion d'un œil. Il ressort des mesures effectuées par M^{lle} Flamant que l'occlusion d'un œil provoque une dilatation de la pupille de l'autre ([7]) dans un rapport voisin de 1,12, quelle que soit la brillance. L'éclairement rétinien variant comme la surface de la pupille (si l'on néglige l'effet Stiles-Crawford), cette dilatation apportera donc à la perte de brillance apparente due à l'occlusion d'un œil une compensation dans un rapport voisin de 1,25. Toutefois, par suite de l'effet Stiles-Crawford, la compensation sera en fait plus faible, et n'excédera probablement pas 15 %. Dans le cas d'une comparaison *successive* des brillances apparentes monoculaire et binoculaire, nos chiffres deviendraient donc :

Brillance, en bougies par mètre carré....	50,5	2,31	0,116
Augmentation relative de la brillance apparente en vision binoculaire (%)...	22	14	6

Ce pourcentage, relativement faible en comparaison successive, expliquerait peut-être le fait que certains auteurs aient nié l'existence du phénomène.

BIOLOGIE. — *Action de l'extrait de thymus sur la créatine urinaire du Cobaye.* Note ([1]) de M. **J. Comsa**, transmise par M. Robert Courrier.

Nous avons précédemment relaté ([2]) que l'on peut supprimer les conséquences de la thymectomie chez le Cobaye par une opothérapie de substitution appropriée à l'aide d'extraits de thymus. Il nous a semblé important de vérifier l'effet de cet extrait sur la créatinurie du Cobaye thymiprive.

Première expérience : effet de la dose d'extrait ([3]) qui nous a permis de prévenir les effets de la thymectomie sur la croissance. Cette dose correspond à $0^g,05$ de thymus frais par 100^g de poids vif en 48 heures.

Cobayes mâles, $170\text{-}190^g$, thymiprives, recevant cette dose d'extrait dès le lendemain de l'opération.

TABLEAU I.

Jours depuis l'opération...........	2.	5.	10.	15.	20.	30.	40.
Créatine (mg par 100^g en 24 heures).	1,0	0,5	0,58	0,6	0,6	0,72	0,7

Les chiffres représentent la moyenne arithmétique de 7 cas chaque fois.

Comme on le voit, la créatinurie accrue du Cobaye thymiprive est intégra-

([6]) Sauf en lumière « dirigée ».

([7]) N'est-ce point là une preuve de l'additivité, tout au moins partielle, des excitations monoculaires ?

([1]) Séance du 14 avril 1947.

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, **133**, 1940, p. 29.

([3]) Préparé d'après une méthode que nous décrirons prochainement en collaboration avec M. Bezssonoff.

lement supprimée par l'opothérapie (nous rappelons que chez le Cobaye normal, le taux de la créatine urinaire est de l'ordre de 0,7-1,1mg par 100g et 24 heures, et que chez le sujet thymiprive, il monte jusqu'à 2,5-3mg).

Deuxième expérience : effet de doses variables d'extrait. Cobayes mâles, thymiprives, 170-200g, recevant, à partir du 10e jour après l'opération, trois injections espacées de 48 heures chaque fois. Dosage de la créatine entre 24 et 48 heures après la dernière injection.

TABLEAU II.

Dose d'extrait (en g. de thymus frais par 100g et 48 heures).	0.	0,03.	0,04.	0,05.	0,06.	0,08.	0,1.	0,12.	0,15.
Créatine	2,0	1,4	1,1	0,6	1,08	1,23	1,43	1,57	2,78

Des doses trop grandes d'extrait ont donc l'effet opposé par rapport à la dose suffisante pour l'opothérapie de substitution. Ce résultat paraît choquant à première vue. Cependant le cas n'est pas unique. Nous avons précédemment fait des remarques semblables au sujet de l'œstrone [4]. Chez le Cobaye femelle castré qui excrète des quantités accrues de créatine, de petites quantités d'œstrone abaissent le taux de la créatine urinaire jusqu'à un niveau voisin de celui de la femelle normale en diœstrus; des doses plus fortes déterminent une créatinurie accrue, analogue à celle qui accompagne le rut. Sans nous imaginer d'avoir expliqué le phénomène par cette analogie, nous pouvons dire que le Cobaye thymiprive se comporte envers l'extrait du thymus comme le castrat envers l'œstrone.

Troisième expérience : effet du même extrait sur la créatinurie du Cobaye normal.

TABLEAU III.

Cobayes mâles 180-200g, *traités comme les animaux du tableau II.*

Dose d'extrait (g. frais par 100g et 24 heures).	0.	0,03.	0,04.	0,08.	0,15.	0,25.	0,3.	0,4.
Créatine	0,8	0,8	1,05	1,4	1,6	1,7	2,95	3,8

Chez le cobaye normal par conséquent, l'extrait de thymus ne détermine que l'augmentation de l'excrétion de créatine.

Quatrième expérience : effet de l'extrait sur des cobayes thymiprives, dont la créatinurie est maintenue basse par l'extirpation simultanée de la thyroïde [5] :

Dose d'extrait.	0.	0,05.	0,1.	0,15.	0,2.	0,25.	0,3.
Créatine cobayes thyréoprives	0,6	0,5	0,9	0,93	1,32	1,75	2,8
Cobayes thymi-thyréoprives	0,5	0,57	0,42	0,57	1,89	2,50	3,09

(4) *C. R. Soc. Biol.*, **139**, 1945, p. 1035; *Bull. Soc. Chim. biol.*, **28**, 1946, p. 614.

(5) Cf. COMSA, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 227.

Chez le Cobaye thymi-thyréoprive, l'extrait de thymus détermine une augmentation notable de l'excrétion de créatine.

En résumé, nous pouvons distinguer deux aspects dans l'action de l'extrait de thymus sur la créatine urinaire du Cobaye :

En règle générale, il détermine une excrétion accrue.

Chez le Cobaye thymiprive, des doses appropriées d'extrait suppriment la créatinurie accrue que nous avons signalée dans ce cas. Cette action est à mettre en rapport avec l'effet de l'extrait sur la thyroïde qu'il met au repos.

En revanche, l'action des fortes doses d'extrait n'est pas liée à la présence de la thyroïde.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Présence de bourgeons prostatiques chez les fœtus femelles de Mulot* (Apodemus sylvaticus *L.*) *provenant de mères qui ont été ovariectomisées au cours de la gestation et qui ont reçu des injections de progestérone*. Note de M. **Albert Raynaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

La présence de deux ébauches prostatiques ventrales chez les fœtus femelles de Mulot a été rapportée précédemment (1). L'expérience résumée dans la présente Note préliminaire a été entreprise pour rechercher si l'apparition de ces bourgeons prostatiques était due, ou non, à l'action d'une hormone masculinisante, libérée au cours de la gestation par les ovaires de la mère et pénétrant dans les fœtus après traversée placentaire.

Conditions expérimentales. — Quatre mulots (*A. sylvæmus sylvaticus*) gravides ont été capturés près du village de Vabre (Tarn); le jour de leur capture, je les ai ovariectomisés bilatéralement puis leur ai injecté, par voie sous-cutanée, des doses de 2,5 à 13^{mg},25 de progestérone (solution à 10^{mg} par cm^3 dans l'huile d'olive). La progestérone utilisée dans cette expérience est de la progestérone purissime, préparée spécialement par les laboratoires Roussel; son point de fusion F 130° et son pouvoir rotatoire $\alpha_D = +187°$. La première injection de progestérone a eu lieu immédiatement après la castration, les injections suivantes chaque deux ou trois jours (1/4 de cm^3 de la solution est administré à chaque injection); le premier mulot gravide ainsi traité a mis bas 3 jours après la castration; les trois autres femelles gravides ont été sacrifiées au voisinage du stade final de la gestation (évalué d'après la taille des fœtus déterminée par laparotomie et par la présence de sang dans l'orifice vaginal de la mère). Les conditions de cette expérience sont résumées dans le tableau ci-joint :

(1) A. Raynaud, *Ann. Endocr.*, 3, 1942, p. 216; *Bull. Soc. Zool. France*, 70, 1945, p. 162.

Désignation du Mulot gravide.	Dose totale (*) (mg).	Délai (**) (j).	Nombre et état des fœtus au moment du sacrifice.		Sexe du fœtus.	Poids du fœtus (mg).	Désignation du fœtus.
Mm 560...	2,5	3	4 nouv.-nés	3 vivants	♂	1490	NN_1 Mm 560
					♂	1430	NN_2 Mm 560
					♀	1580	NN_3 Mm 560
				1 mort	♂	1590	NN_4 Mm 560
Mm 557...	5	7	4 fœtus	3 vivants	♂	1352,0	F_1 Mm 557
					♂	1675,8	F_2 Mm 557
					♀	1288,3	F_3 Mm 557
				1 mort	♂ (?)	1413,5	F_4 Mm 557
Mm 575...	7,5	7	2 fœtus vivants		♂	1470,2	F_1 Mm 575
					♀	1319,2	F_2 Mm 575
Mm 612...	13,25	10	3 fœtus vivants		♂	1475,8	F_1 Mm 612
					♂	1402,5	F_2 Mm 612
					♀	1342,6	F_3 Mm 612

(*) de progestérone injectée à la mère; (**) en jours écoulés entre la castration et le sacrifice.

L'étude histologique du tractus génital a révélé l'existence de deux bourgeons prostatiques latéro-ventraux chez chacun des quatre fœtus femelles de ces portées ([2]); ces bourgeons épithéliaux (gauche et droit) mesurent respectivement 462^{μ} et 392^{μ} chez le nouveau-né NN_3Mm 560; 565^{μ} et 635^{μ} chez le fœtus F_3Mm 557; 397^{μ} et 455^{μ} chez le fœtus F_2Mm 575; 442^{μ} et 432^{μ} chez le fœtus F_3Mm 612; cette longueur est donc comparable à celle (350 à 450^{μ}) des bourgeons prostatiques des mulots femelles nouveau-nés normaux, ou même légèrement supérieure.

Cette expérience montre donc que des bourgeons prostatiques ventraux bien développés existent chez les fœtus femelles de mulot provenant de mères castrées pendant la gestation, recevant des injections de progestérone purissime. Ce résultat peut s'interpréter de deux façons : ou bien les sécrétions ovariennes de la mère, au cours de la gestation, ne sont pas nécessaires au développement des bourgeons prostatiques des fœtus femelles; ou bien la progestérone injectée à la mère a été capable de provoquer le développement des bourgeons prostatiques des fœtus femelles. Dans ce dernier cas, étant donné que la progestérone injectée aurait pu jouer, vis-à-vis des ébauches prostatiques des fœtus, le même rôle que la sécrétion naturelle des corps jaunes, on ne peut rien inférer quant au rôle possible des sécrétions ovariennes au cours de la gestation.

Les diverses constatations ([3]) effectuées dans cette expérience ne permettent

---

([2]) Un troisième bourgeon (150^{μ} de long) existe chez F_2Mm 575.

([3]) La progestérone purissime injectée ne semble avoir eu qu'un faible effet androgène : la prostate de la mère Mm 557, qui a reçu 5^{mg} de progestérone, est dans un état atrophique (tubules étroits, épithélium bas); celle de la femelle Mm 575 présente une légère stimulation; c'est seulement chez la femelle Mm 612, qui avait reçu $13^{mg},25$ d'hormone, que

pas de décider entre les deux interprétations précédentes; cependant elles sont plutôt en faveur de la deuxième des hypothèses que j'ai présentées en 1945 (¹), à savoir que ce serait l'embryon femelle lui-même qui produirait une substance à action masculinisante, provoquant normalement (par voie hormonale ou peut-être par action locales) le développement de substances diffusibles de deux bourgeons prostatiques.

CHIMIE MICROBIOLOGIQUE. — *Méthode de dosage rapide de la pénicilline et de la streptomycine*. Note de MM. **Georges Sanchez** et **André Lamensans**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les techniques de dosage connues de la pénicilline et de la streptomycine sont délicates ou longues. Nous présentons ici une méthode qui, en conservant et même en augmentant la précision et la sensibilité des précédentes, s'avère d'une grande simplicité.

Ayant observé que la pénicilline et la streptomycine inhibaient à très faibles doses la multiplication du *Lactobacillus bulgaricus*, nous avons pensé tirer profit de cette observation et nous avons mis au point la technique rapportée dans cette Note.

Elle est basée sur les variations de pH du milieu, variations dues à la formation d'acide lactique quand le microbe se développe.

Le milieu utilisé est le lait de vache, écrémé. Nous diluons ce milieu simple, ce qui diminue le pouvoir tampon du lait et augmente sa sensibilité aux variations de pH. Nous effectuons la dilution suivante :

Lait écrémé de vache	20^{cm^3}
Eau bidistillée	80^{cm^3}

Les tubes de lait ainsi dilués sont stérilisés à 115° pendant 15 minutes.

La souche employée fut isolée d'un Yohourth. Elle montre tous les caractères du *Lactobacillus bulgaricus* de Luasen et Kühn, dénommé encore *Thermobacterium bulgaricum* par Orla Jensen. Cette souche est désignée par les initiales B. B. Y.

---

l'épithélium prostatique est élevé; d'autre part, bien que la dose de progestérone injectée aux mères Mm 557 et Mm 612 varie du simple au double, les bourgeons prostatiques des fœtus présentent un développement sensiblement comparable. En outre, quelques caractères de masculinisation ont été décelés chez le fœtus F_2Mm 575, mais ils ne s'observent pas (ou seulement à un degré extrêmement faible) chez les autres fœtus, qui ont cependant des ébauches prostatiques très développées; mais il est possible que la progestérone injectée à la mère ait provoqué un léger hyperdéveloppement des bourgeons prostatiques, dont le développement principal se serait effectué indépendamment de l'action de cette hormone; cette possibilité rendrait compte du développement assez important du troisième bourgeon prostatique observé chez F_2Mm 575. Enfin les ébauches des glandes de Cowper de ces mêmes fœtus femelles sont restées dans un état sensiblement rudimentaire (la longueur de leurs bourgeons épithéliaux reste comprise entre 90 et 160µ).

L'indicateur de pH est un mélange de rouge de méthyle et de bleu de méthylène.

Nous rapportons ci-dessous, à titre indicatif, les résultats d'un essai :

Des tubes contenant 10^{cm^3} de milieu au lait stérile sont ensemencés avec $0^{cm^3},1$ d'une culture de 24 heures sur lait, de la souche B. B. Y.

a. Dix tubes servent de témoins.

b. Dans sept autres tubes, avant ensemencement, nous introduisons respectivement 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 1; 5 unités Oxford de pénicilline.

c. Dans six autres tubes, nous introduisons de même 1, 2, 3, 5, 10, 15 unités Waksmann de streptomycine.

Tous les tubes sont mis au bain-marie à 45°C.

De 30 minutes en 30 minutes, nous prélevons un des tubes témoins et nous y ajoutons 2 gouttes de l'indicateur de pH pour suivre l'évolution du développement microbien (voir tableau ci-dessous).

Temps en heures...	0,30.	1.	1,30.	2.	2,30.	3.
Coloration.....	vert	vert	vert	gris	rose	rouge
Coagulation....	o	o	o	–	o	+

Après 2 h. 30 mn de séjour à 45°, tous les tubes restants sont retirés, chacun d'eux reçoit 2 gouttes d'indicateur, les résultats sont les suivants : voir tableau ci-dessous.

Unités Oxford de pénicilline dans 10^{cm^3} de milieu.	Coloration des tubes.	Unités Waksmann de streptomycine dans 10^{cm^3} de milieu.	Coloration des tubes.
0................	rose	0................	rose
0,1..............	rose	1................	gris
0,2..............	rose	2................	gris vert
0,3..............	gris	3................	vert
0,4..............	gris vert	5................	vert
0,5..............	vert	10................	vert
1,0..............	vert	15................	vert
5,0..............	vert		

Dans tous les tubes où la multiplication des germes a été inhibée par l'antibiotique, le milieu est coloré en vert, dans ceux où il y a eu un commencement de développement, le milieu est gris, il est rouge dans les tubes où la concentration d'antibiotique était insuffisante pour inhiber la multiplication du B. B. Y.

La méthode permet donc de déceler nettement 0,4 unité Oxford de pénicilline et 2 unités Waksmann de streptomycine.

Le principe du dosage consiste à introduire dans le milieu au lait avant ensemencement :

d'une part, à une série de tubes, 1^{cm^3} de dilutions successives de l'antibiotique étudié,

d'autre part, à une autre série, des quantités connues d'antibiotique étalon. Après un séjour de 2 heures 30 à 45°C., on ajoute l'indicateur de pH et l'on compare les colorations obtenues.

Cette technique, dont les détails seront donnés par ailleurs, permet un dosage rapide des deux antibiotiques. De plus, elle est d'un emploi extrêmement facile, n'utilisant qu'un milieu très simple. En outre, le microbe employé n'est pas pathogène et peut être manipulé aisément.

Elle donne des résultats absolument constants, ce qui montre sa fidélité. Quant à sa sensibilité, elle est nettement supérieure à celle des méthodes employées actuellement, surtout pour la streptomycine.

SÉROLOGIE. — *Sur le signe électrique des protéines sériques.* Note de M. **Augustin Boutaric** et Mlle **Simone Fabry**, présentée par M. Léon Binet.

Ayant pu disposer de sérum-albumine, de globuline, de myxoprotéine et des protéines totales extraites d'un sérum de bœuf par M. Maurice Piettre à l'aide de sa belle méthode de l'acétone à froid, il nous a paru intéressant d'étudier le signe électrique de ces diverses protéines au contact de l'eau.

Électrophorèse directe. — L'électrophorèse a été effectuée dans un tube en U dont les deux branches étaient munies de robinets situés à la même hauteur. La solution protéique à 1 % étant introduite dans le tube jusqu'au niveau des deux robinets, ceux-ci étaient fermés et au-dessus de chacun d'eux on versait le même volume de solvant. Après avoir introduit deux électrodes de platine et ouvert les deux robinets, on mettait les électrodes en relation avec les pôles d'une batterie d'accumulateurs à 110 V.

La sérum-albumine était dissoute dans l'eau bidistillée : le passage du courant ($i = 0,05$ mA) s'accompagne de la formation dans la branche négative d'un anneau opalescent qui descend, puis remonte très lentement jusqu'au-dessus du robinet, indiquant le transport de la sérum albumine vers la cathode. Les diverses réactions des protéines opérées sur des prélèvements pratiqués dans les deux branches au-dessus des robinets révèlent la présence d'albumine dans le compartiment cathodique et son absence totale dans le compartiment anodique. Le transport électrique s'effectue dans le même sens lorsque l'albumine est dissoute dans une solution N/100 de ClNa; cependant on n'observe alors la formation d'aucun trouble dans la branche positive du tube.

La globuline et la myxoprotéine se dissolvent rapidement dans une solution centinormale de soude et demeurent en suspension stable après neutralisation de la soude par ClH, en sorte que les deux protéines sont alors dissoutes dans une solution centinormale de ClNa. L'électrophorèse ($i = 5$ mA) indique dans ces deux cas un déplacement vers le compartiment anodique où les protéines floculent au voisinage du robinet.

Les protéines totales dissoutes dans l'eau bidistillée révèlent par électrophorèse ($i = 0,12$ mA) un déplacement de l'ensemble des protéines vers l'anode où elles floculent au-dessous du robinet; aucune trace de protéines n'a pu être décelée dans le compartiment cathodique.

Fixation des colorants colloïdaux. — La particule protéique en solution ne fixe un granule colloïdal coloré que si son signe électrique est contraire à celui du granule. Pour une région bien déterminée du spectre, soient δ_0 la densité optique de la solution d'une matière colorante colloïdale de concentration c et δ_1 la densité optique de la solution protéique de concentration s. Soit δ la densité optique d'un mélange à volumes égaux d'une solution de la matière colorante de concentration $2c$ et d'une solution protéique de concentration $2s$, ce qui fournit une solution mixte dans laquelle la matière colorante existe sous la concentration c et la protéine sous la concentration s. Si la matière colorante se fixe sur la protéine, on aura $\delta < \delta_0 + \delta_1$. Si au contraire la matière colorante ne se fixe pas sur la protéine, on devra avoir $\delta \geq \delta_0 + \delta_1$.

Comme matière colorante nous avons utilisé le bleu victoria à granules positifs et l'induline à granules négatifs soigneusement débarrassés par dialyse de toute impureté saline.

Les mesures de densités optiques effectuées avec le spectrophotomètre à mesure visuelle de Jobin et Yvon et avec l'électrophotomètre Meunier confirment les résultats fournis par l'électrophorèse. Pour la sérum-albumine dissoute dans l'eau bidistillée aussi bien que dans ClNa N/100, les particules se comportent comme si elles possédaient une charge positive. La globuline et la myxoprotéine, soit en suspension dans l'eau bidistillée, soit en solution dans ClNa N/100, se comportent comme si leurs particules étaient négatives; il en est de même pour les protéines totales.

Conclusion. — En résumé : en solution dans l'eau bidistillée aussi bien qu'en présence de ClNa N/100, la sérum-albumine se comporte comme un colloïde positif, tandis que la globuline, la myxoprotéine et les protéines totales se comportent comme des colloïdes négatifs.

Les résultats précédents permettraient d'expliquer pourquoi, d'après les observations de Maurice Piettre [1], la sérum-albumine dont les propriétés sont légèrement basiques, fixerait seule le pigment biliaire ou la bilirubine à fonction acide (électro-négatifs), dans les sérums ictériques provenant notamment des sujets cancéreux traités par la méthode à l'acétone, tandis que dans les sérums hémolysés, les deux autres protéines, surtout la sérum-globuline, fixent l'hémoglobine électro-positive.

A 15h50m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m.

A. Lx.

---

(1) *Biochimie des protéines*, Paris, p. 139.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 AVRIL 1947.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Nous avons appris par un télégramme de Madame Robert Lespieau la mort survenue le 21 avril, à près de 83 ans, de son mari, dans leur résidence du Cannet (Alpes-Maritimes). Au nom de notre Compagnie, j'ai adressé une lettre de condoléances à Madame Lespieau et à sa famille. Je désire vous communiquer l'admiration que j'ai pour l'œuvre du savant, mon respect pour l'audace de pensée, pour le caractère intègre et la bienveillance persuasive du professeur, dont j'ai été l'élève à l'École Normale aux temps héroïques (1901) où il opposait les symboles de la théorie atomique aux notions enseignées par les grands maîtres de la notation des équivalents.

Pierre-Léon-Robert Lespieau, né à Paris le 15 juillet 1864, fut un soldat de première ligne, un chef imposant l'impression d'être un guide convaincu de l'importance de sa mission; fils du Colonel Lespieau, un des pacificateurs du Sud-Oranais, il put rejoindre aux vacances scolaires son père nommé Général commandant la Division de Grenoble et, formé aux disciplines de la Physique et de la Chimie avant son entrée à l'École Normale (1886), il fut initié, à Grenoble, aux techniques de la Cryoscopie par François Raoult, nommé quelques années plus tard Correspondant de notre Section de Physique. Le jeune Lespieau contribua à cette distinction en introduisant les procédés simples et précis de la Tonométrie et de la Cryoscopie dans les laboratoires du Collège de France et de la Sorbonne, ayant à lutter contre l'attitude réservée des élèves de Henri Sainte-Claire Deville professant à l'École Normale. Admis au Laboratoire de Friedel, adepte des concepts de Würtz, il fut chargé de la rédaction, dans le *Supplément au Dictionnaire*, des articles *Cryoscopie*, *Ébullioscopie*, *Desmotropie* et, plus tard, de la préface du volume de Raoult, *Cryoscopie*, plus tard encore, des tableaux qui traitent de ces matières dans le *Recueil des Constantes* de la Société de Physique. Mais il était chimiste.

Un accident l'orienta dans cette voie si féconde de toute sa carrière, la repré-

sentation géométrique des formules et des réactions complexes de la Chimie organique.

Engagé, sur le conseil de son père dans un bataillon de Chasseurs, il fut, à la suite d'une chute de cheval, immobilisé durant près d'une année et lut, avec enthousiasme, les ouvrages de Würtz sur la théorie et la notation atomique; avant son entrée à l'École, il avait préparé un programme de recherches sur la synthèse des corps à liaisons multiples. L'étude de la Physique, celle de la Cryoscopie lui fournissent des preuves décisives qui atténuent, puis suppriment la réserve et parfois l'hostilité des maîtres et de leurs élèves. Agrégé des Sciences physiques et chimiques, il donne, au Laboratoire de Friedel qui le soutient, une conférence sur les résultats de Van't Hoff relatifs à la pression osmotique en y apportant une correction importante, admise par ce dernier.

Agrégé préparateur de chimie à l'École Normale en 1891, il quitte cette fonction recherchée pour l'enseignement secondaire au Collège Chaptal durant douze années; lentement, mais avec des techniques nouvelles et impeccables, il s'attache à l'étude des cas singuliers qui mettent en défaut la théorie des équivalents. Il n'hésite pas à utiliser l'acide cyanhydrique au lieu de l'eau dans les épreuves cryoscopiques et y vérifie l'hypothèse de Nernst avec la dissociation de l'iodure de potassium.

En 1897, c'est la brillante Thèse de Doctorat, *Recherches sur les épidibromhydrines et les composés propargyliques*, précédée d'un *Traité de Chimie* dont M. Brillouin écrit dans la *Revue générale des Sciences* (1906) : « Tout dans ce petit livre est disposé de manière à donner à l'élève le sens juste de ce qu'est la Chimie expérimentale, du rôle que jouent les lois chimiques dans le travail du laboratoire ». C'est la même clarté convaincante dans l'article *Sur les notations chimiques* paru (1913) dans la *Revue du Mois* et dans l'exposé substantiel sous le titre *La Molécule chimique*, ouvrage retardé par les hostilités, couronné avec le prix Jecker (1918) par l'Académie des Sciences.

J'emprunte à Haller cette appréciation qui met en évidence l'essentiel de l'œuvre et de l'enseignement de Robert Lespieau : une interprétation géométrique, puis mécanique des échafaudages réalisables par des combinaisons judicieusement agencées. Lespieau part d'un corps contesté : le propylène de Reboul, dont il rectifie le point d'ébullition; il n'en obtient que l'isomère *cis*, mais l'utilise pour fournir une synthèse nouvelle de la quinoléine, puis de l'alcool propargylique dont l'éther méthylique fournit par hydrogénation de l'allylène sodé, premier exemple de réduction d'une fonction éther-oxyde en carbure. Oxydant le dérivé cuivreux de l'alcool propargylique, il effectue la synthèse d'un glycol biacétylénique, alors le seul exemple de ce genre.

Trait essentiel de l'œuvre si féconde de Robert Lespieau : s'attaquer à une difficulté, avec exploration minutieuse de tous les détails, par des mesures physiques délicates mais précises. Établir avec ces données définitives un plan

de campagne pour infirmer ou confirmer les relations de position et les évolutions; noter les substitutions faciles, mais avec plus de soin les résistances, souvent transitoires, des corps fragiles, en reconnaître l'agencement pour les consolider ou les détruire. C'est l'œuvre d'un tacticien consommé.

Cette maîtrise dans l'analyse et dans la synthèse des répulsions ou des affinités, il l'a communiquée à ses émules, imposée à ses élèves, mise en arrêt par la prévision, par l'instinct inné hérité du Général Lespieau. Paul L. Viguier, normalien dont je fus le confident ([1]), mort au champ d'honneur après avoir soutenu une thèse brillante en Sorbonne, *Recherches sur l'aldéhyde tétrolyque et quelques-uns de ses dérivés*, fut orienté par lui dans l'examen de la lenteur des réactions, la fixation d'alcool, l'hydrolyse, la condensation, l'oxydation; tout dans ce travail est l'image de la vie, de ses étapes, de ses défaillances, avec les désagrégations inévitables par la distillation.

J'évoque aussi le souvenir de Maurice Bourguel, l'auteur de *Recherches sur la préparation des carbures acétyléniques vrais* (1926), corps bien définis par R. Lespieau; notre collègue à la Sorbonne, décédé si jeune (1932), applique avec le maître l'effet Raman à l'analyse intime des composés très purs. Cette méthode, mise en œuvre ici pour la première fois, est la source d'applications multiples tant en chimie qu'en cristallographie. « Les doubles liaisons du noyau benzénique, déclarent Lespieau et Bourguel en juillet 1930 (*C. R.*, 190, p. 1504), se comportent comme les liaisons éthyléniques ordinaires, relativement à l'effet Raman; la fréquence de la raie caractéristique variant légèrement avec le composé, on peut penser qu'elle dépend des substitutions voisines et de la place de la double liaison dans l'édifice », ce qu'ils démontrent. Toujours Robert Lespieau a mis en valeur les qualités personnelles de ses collaborateurs, maîtres formés à sa discipline, comme Georges Chavanne et notre confrère M. Charles Mauguin. La liste en est longue, MM. Henri Pariselle, Recteur, Georges Dupont, Directeur scientifique de l'École Normale Supérieure, Charles Prévost, Professeur à la Sorbonne, Edmond Urion, à Nancy, R. Paul à Angers, tous savants éminents qui ont acquis et conservé la discipline intellectuelle de leur aîné.

Encouragé par Georges Chavanne, alors agrégé préparateur à l'École Normale (1901), j'ai eu la bonne fortune de suivre les leçons de Stéréochimie de Robert Lespieau, d'être par lui adapté à la lecture de cette langue singulière qu'est la Chimie organique du XX^{e} siècle et d'y trouver l'expression imagée de la Mécanique moléculaire. Il s'agit bien de géométrie au repos, mais aussi, dans les réactions, de heurts, de combats, de répulsions, de résistances, d'ajustements par élimination partielle, en bref, de la vie dans les composés organiques; le temps joue un rôle décisif comme dans les réactions plus complexes que sont les plantes et les animaux.

([1]) *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 988; cas des *Capsella Viguieri* Blaringhem.

Robert Lespieau m'a montré dans l'espace les composés esquissés par des tétraèdres, par des images stellaires; comme pour les physiciens devenus chimistes à son exemple, une bonne part de mes études et de mon enseignement de la Botanique sont l'écho de ces remarquables suggestions. M. Gustave Vavon me rappelait hier nos rencontres fréquentes au Laboratoire inquiétant de Robert Lespieau, imprégné d'acide cyanhydrique.

Vavon, né physicien, n'est devenu chimiste (1905), auteur de la *Stéréochimie des composés cycliques*, après avoir mis au point l'emploi et la régénération du noir de platine comme catalyseur, qu'après avoir été séduit par les images géométriques et les flèches indiquant la position et la liberté des atomes par lesquelles R. Lespieau donnait une individualité et une vie à ces symboles. Je n'ai pu vous dire les progrès qu'il a réalisés ou provoqués dans la connaissance des sucres, objet des préoccupations de toute sa longue et féconde carrière.

Professeur de Chimie à la Faculté des Sciences de Paris (1914), dispensé par son âge de toute obligation militaire, R. Lespieau désire rentrer dans le rang. Officier de Chasseurs alpins, on le demande bientôt pour diriger les études des Établissements de Pyrotechnie de Bourges, puis de Puteaux. Les installations qu'il y a faites, les perfectionnements introduits dans des fabrications réputées dangereuses, le dévouement qu'il a montré aux soldats sous ses ordres lui ont fait décerner, dès 1916, la Croix de la Légion d'honneur. A nos dernières conversations en fin 1936, en pleine fièvre de la préparation du Palais de la Découverte, je lui rappelais les heures passées trente ans plus tôt, en extase devant les miracles que Paul Villard réalisait avec les tubes de Crookes, en alerte devant ses propres cornues remplies d'acide cyanhydrique, et il m'affirmait que là n'était pas le danger. Il prévoyait la guerre récente et l'invention diabolique de la bombe atomique.

Indépendant, tenace, désintéressé, Robert Lespieau a cherché et soutenu âprement le bon combat pour l'épanouissement des techniques et des théories qu'il croyait fécondes; expérimentateur hors ligne, il a résolu les difficultés en créant des méthodes nouvelles qui bientôt furent classiques par leur généralité et leur efficacité. Il a gagné maintes batailles et donné à la Chimie organique, cette Science bien française, un élan plein de promesses dans un proche avenir.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Édouard Chatton**, Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, survenu à Banyuls-sur-Mer, le 23 avril 1947.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 217 (juillet-décembre 1943) des *Comptes rendus*, est en distribution au Secrétariat.

Mme **Robert Lespieau** fait hommage à l'Académie d'une Note de son Mari, récemment publiée : *Synthesis of hexitols and pentitols from unsaturated polyhydric alcohols.*

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, Sir **Robert Robinson** et M. **Paul Karrer** sont élus Correspondants pour la Section de Chimie, en remplacement de M. *Frederic Swarts* et de Sir *Robert Hadfield*, décédés.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Maurice Caullery**, **Roger Heim** et **Philibert Guinier** sont désignés pour représenter l'Académie à la Conférence, organisée par la *Ligue Suisse pour la protection de la Nature*, qui se tiendra à Brunnen, du 28 juin au 3 juillet 1947.

MM. **Pierre Jolibois** et **Louis Hackspill** sont désignés pour représenter l'Académie au *XI^e Congrès international de Chimie pure et appliquée*, qui se tiendra à Londres, du 17 au 24 juillet 1947.

PLI CACHETÉ.

M. **J. Monera** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 19 août 1946 et enregistré sous le n° 12206.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Essai de géométrie*.

(Renvoi à la Section de Géométrie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Centre national de la Recherche scientifique. *Carte de la végétation de la France au 1/20000e*, publiée sous la direction de MM. Henri Gaussen et Paul Rey. 1re Feuille, Région de *Toulouse* (présentée par M. Roger Heim).

2° The Ray Society. *The Trematoda of British Fishes*, by Ben Dawes.

THÉORIE DE LA MESURE. — *Sur les systèmes dérivants et l'extension du théorème de Lebesgue relatif à la dérivation d'une fonction à variation bornée.* Note (¹) de M. **René de Possel**, présentée par M. Gaston Julia.

Reprenons les notations et définitions d'une Note précédente (²). Soient m une mesure définie dans un ensemble E et $\mathfrak{S}$ un système obtenu en associant à chaque point x de E un filtre $\mathcal{F}_x$ sur l'ensemble des fonctions mesurables non négatives.

Nous dirons que $\mathfrak{S}$ est *complètement dérivant* si pour toute fonction

(¹) Séance du 14 avril 1947.

(²) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1137.

d'ensemble $\vec{\mathfrak{S}}$ dénombrablement additive, définie et à variation bornée sur tout ensemble de mesure finie, la limite

$$\vec{D}(x) = \lim_{\mathcal{F}_x} \frac{\int f\,d\vec{\mathfrak{S}}}{\int f\,dm}$$

existe pour presque tout x et constitue une fonction sommable sur tout ensemble de mesure finie, et si en outre la fonction d'ensemble

$$\vec{\mathfrak{S}}'(B) = \vec{\mathfrak{S}}(B) - \int_B \vec{D}(x)\,dm$$

est *singulière*, c'est-à-dire identiquement nulle pour tout ensemble mesurable sans point commun avec un certain ensemble de mesure nulle.

Nous désignerons par $\mathcal{V}$ un système obtenu en associant à chaque point x un ensemble F_x de fonctions rencontrant tous les ensembles de $\mathcal{F}_x$, par A une partie de E telle que $o < m(\overline{A}) < +\infty$, et par $\mathcal{J}$ une base pour m, c'est-à-dire un ensemble de parties mesurables de E tel que tous les ensembles mesurables constituent la plus petite tribu contenant $\mathcal{J}$.

Pour qu'un système $\mathfrak{S}$ de filtres soit complètement dérivant, il suffit qu'il vérifie la condition suivante :

Si l'on choisit arbitrairement $\mathcal{V}$ *et* A, *il existe une base* $\mathcal{J}$, *un ensemble* $A' \subset A$ [*avec* $m(\overline{A'}) > o$], *et un nombre* $P > o$ *tels que, quels que soient* $J \in \mathcal{J}$ *et* $\varepsilon > o$, *on peut trouver un nombre fini de points* x_i *appartenant à* $A' \cap J = A''$, *de fonctions* ψ_i *appartenant à* F_{x_i}, *et de nombres* $\lambda_i > o$, *vérifiant d'une part l'inégalité*

$$\int |\varphi_{\overline{A''}} - \Sigma\lambda_i\psi_i|\,dm < \varepsilon,$$

et d'autre part, en tout point x *n'appartenant pas à* $\overline{A''}$, *l'inégalité*

$$\Sigma\lambda_i\psi_i(x) \leqq P\varphi_J(x).$$

On remarque que si cette condition est satisfaite, il en est de même de la condition B^* (1) énoncée comme étant suffisante pour que le système $\mathfrak{S}$ soit fortement dérivant.

L'énoncé ci-dessus se réduit au théorème classique de Lebesgue dans le cas où m est la mesure de la droite, considérée comme définie pour les seuls ensembles de Borel, et où $\mathcal{F}_x$ se déduit du filtre ayant pour base les intervalles contenant x en substituant à chacun de ces intervalles sa fonction caractéristique.

Terminons par la remarque suivante : soit $\mathfrak{S}$ un système de filtres vérifiant la condition ci-dessus. Ajoutons à toutes les fonctions des filtres de $\mathfrak{S}$ la fonction caractéristique d'un même ensemble C mesurable et de mesure nulle. Le système $\mathfrak{S}_1$ obtenu n'est plus complètement dérivant, mais il vérifie toujours B^*, donc est fortement dérivant.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques équations fonctionnelles et le calcul symbolique*. Note ([1]) de M. **Ion Cârstoiu**, présentée par M. Henri Villat.

Nous considérerons, dans cette Note, quelques équations fonctionnelles classiques, dont la résolution apparaît manifeste par le calcul symbolique. Il semble qu'on ne l'ait pas encore remarqué.

1. Soit l'équation ([2])

$$f(x)+f(y)=f(x+y). \tag{1}$$

Supposons $x>0$, $y>0$ et soient

$$f(x)\supset\varphi(p),\qquad f(y)\supset\varphi(q),$$

avec les notations du calcul symbolique. On aura, alors ([3])

$$f(x+y)\supset\supset\frac{q\varphi(p)-p\varphi(q)}{q-p},$$

d'où la forme symbolique de (1)

$$p\varphi(p)=q\varphi(q). \tag{2}$$

On a d'ailleurs $f(0)=0$; donc, il vient, en admettant l'existence de la dérivée f',

$$f'(x)=f'(y)=C, \tag{3}$$

de sorte que la solution de (1) est $f(x)=Cx$ (solution valable pour toute valeur de x).

2. A cette équation se rattache l'équation

$$f(x)f(y)=f(x+y), \tag{4}$$

que nous allons résoudre directement. Avec les mêmes notations, on obtient

$$\varphi(p)[q\varphi(q)-q]=\varphi(q)[p\varphi(p)-p], \tag{5}$$

ou, en revenant à la fonction f et en remarquant que $f(0)=1$, il vient

$$\frac{f'(x)}{f(x)}=\frac{f'(y)}{f(y)}=a, \tag{6}$$

ce qui nous donne la solution $f(x)=a^x$.

3. Soit l'équation

$$f(x+y)+f(x-y)=2f(x)f(y). \tag{7}$$

On peut montrer que si $f(x)\supset\varphi(p)$, on a

$$f(x-y)\supset\supset\frac{q\varphi(p)+p\varphi(q)}{p+q}.$$

([1]) Séance du 21 avril 1947.

([2]) Voir, par exemple, É. Picard, *Leçons sur quelques équations fonctionnelles*, 1928, pp. 1 et suiv. Les exemples que nous traitons sont tous pris dans cet Ouvrage.

([3]) N. W. Mc Lachlan et Pierre Humbert, *Formulaire pour le calcul symbolique* (*Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. C, 1941, p. 62).

Alors, à l'équation (7), correspond l'équation

$$(8)\qquad \frac{\varphi(p)}{p}[q\varphi(q)-q]=\frac{\varphi(q)}{q}[p\varphi(p)-p].$$

Or

$$\frac{\varphi(p)}{p}\subset\int_0^x f(\xi)\,d\xi,\qquad q\varphi(q)-q\subset f'(y),\qquad \ldots\qquad [f(0)=1].$$

Donc, on aura, l'existence des dérivées étant admise par hypothèse,

$$(9)\qquad \frac{f'(x)}{\int_0^x f(\xi)\,d\xi}=\frac{f'(y)}{\int_0^y f(\eta)\,d\eta}=\pm a^2,$$

soit

$$(10)\qquad f''(x)\pm a^2 f(x)=0,$$

dont la solution est donnée par les fonctions $\cos ax$ et $\operatorname{ch} ax$.

4. Considérons maintenant l'équation aux différences finies

$$(11)\qquad f(x+1)-f(x)=x^n.$$

On sait que si $f(x)\supset\varphi(p)$, on a

$$f(x+1)\supset e^p\varphi(p),$$

avec $f(x)=0$ pour $0<x<1$. A l'équation (11) correspondra donc l'équation

$$(12)\qquad \varphi(p)[e^p-1]=\frac{n!}{p^n}.$$

Si $x>1$, la fonction $f(x)$ sera donnée par l'intégrale de *Bromwich*

$$(13)\qquad f(x)=\frac{n!}{2i\pi}\int_{\mathcal{B}r_1}\frac{e^{zx}}{e^z-1}\frac{dz}{z^{n+1}},$$

ce qui est en bon accord avec la formule donnée par Hurwitz ([4]).

5. Considérons encore l'équation (où les a_i sont des constantes)

$$(14)\qquad a_0 f(x+n)+\ldots+a_n f(x)=f_1(x),$$

à laquelle va correspondre l'équation

$$(15)\qquad \varphi(p)[a_0 e^{np}+\ldots+a_n]=\varphi_1(p).$$

En posant $e^p=\lambda$, on retrouve bien *l'équation caractéristique* de Picard ([5])

$$(16)\qquad S(\lambda)=a_0\lambda^n+a_1\lambda^{n-1}+\ldots+a_n=0,$$

dont les racines permettront de trouver, par l'intégrale de *Bromwich*, la fonction $f(x)$.

([4]) Cf. E. Picard, *loc. cit.* ([2]), p. 100, ou bien Hurwitz, *Sur l'intégrale finie d'une fonction entière* (*Acta Mathematica*, 20, 1897).

([5]) *Ibid.*, p. 113.

GÉOMÉTRIE. — *Sur le système de Pfaff Codazzi-Gauss.*
Note (¹) de M. **Victor Lalan**, présentée par M. Élie Cartan.

Le système de Pfaff de trois équations équivalent aux équations de Codazzi et de Gauss, que nous avons récemment introduit (²), peut revêtir différentes formes, moyennant certaines hypothèses supplémentaires.

1. Supposons que l'on sache intégrer l'équation des lignes minima, et posons, conformément aux notations de la *Géométrie supérieure* de M. E. Vessiot,

$$\omega^1 = \sqrt{\mathrm{L}}\,du, \qquad \omega^2 = \sqrt{\mathrm{N}}\,dv;$$

supposons en outre que ω^1 et ω^2 ne soient pas des différentielles exactes, ce qui revient à exclure de nos considérations les surfaces à courbure moyenne constante. Les formes ϖ, χ, Φ deviennent respectivement

$$\varpi = -\frac{1}{2}\frac{\mathrm{L}_v}{\sqrt{\mathrm{LN}}}du - \frac{1}{2}\frac{\mathrm{N}_u}{\sqrt{\mathrm{LN}}}dv,$$

$$\chi = -\left(\log\frac{\mathrm{N}_u}{\sqrt{\mathrm{LN}}}\right)_u du - \left(\log\frac{\mathrm{L}_v}{\sqrt{\mathrm{LN}}}\right)_v dv,$$

$$\Phi = -2\frac{\sqrt{\mathrm{LN}}}{\mathrm{N}_u}\left(\log\frac{\mathrm{L}_v}{\sqrt{\mathrm{LN}}}\right)_{uv} du - 2\frac{\sqrt{\mathrm{LN}}}{\mathrm{L}_v}\left(\log\frac{\mathrm{N}_u}{\sqrt{\mathrm{LN}}}\right)_{uv} dv.$$

L'équation (3) de la Note citée donne alors

(1) $$\frac{\mathrm{H}_u}{\mathrm{L}_v} = \frac{\mathrm{H}_v}{\mathrm{N}_u} = \frac{\mathrm{A}}{\sqrt{\mathrm{LN}}};$$

de l'équation (5), on tire $\lambda = -2\mathrm{AH}_{uv}/\mathrm{H}_u\mathrm{H}_v$; portant dans l'équation (6′), et tenant compte que

$$c = \frac{d(-s\omega^1 + r\omega^2)}{[\omega^1\omega^2]} = -\frac{1}{\sqrt{\mathrm{LN}}}(\log\sqrt{\mathrm{LN}})_{uv},$$

on obtient

$$\frac{\mathrm{K}}{\mathrm{A}} - c = \frac{1}{\sqrt{\mathrm{LN}}}(\log \mathrm{A})_{uv}, \qquad \text{c'est-à-dire,} \qquad \mathrm{K} = \frac{\mathrm{A}}{\sqrt{\mathrm{LN}}}\left(\log\frac{\mathrm{A}}{\sqrt{\mathrm{LN}}}\right)_{uv},$$

qui n'est autre que l'équation bien connue $\mathrm{K} = -(\log \mathrm{F})_{uv}/\mathrm{F}$, car $\sqrt{\mathrm{LN}}/\mathrm{A} = \mathrm{F}$. Remplaçons-y K par $\mathrm{H}^2 - \mathrm{A}^2$, et A, d'après (1), par $\sqrt{\mathrm{LN}}\,\mathrm{H}_u/\mathrm{L}_v$; il vient

(2) $$\mathrm{H}^2 - \mathrm{LN}\frac{\mathrm{H}_u^2}{\mathrm{L}_v^2} = \frac{\mathrm{H}_u}{\mathrm{L}_v}\left(\log\frac{\mathrm{H}_u}{\mathrm{L}_v}\right)_{uv}.$$

Les équations (1) sont celles de Codazzi; (2) est l'équation de Gauss. On remarque que le système formé par la première équation (1) et par (2) lie uniquement H, L et N; si l'on y considère L et N comme connus, c'est un système de deux équations aux dérivées partielles en H.

(¹) Séance du 21 avril 1947.

(²) *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 518-520.

2. Sans rien préjuger sur l'intégration des lignes minima, supposons maintenant qu'on sache intégrer l'équation des lignes d'égale courbure moyenne, $\varpi = 0$, et posons $\varpi = -(d\alpha/2\beta)$, α et β étant deux fonctions *indépendantes* sur la surface, ce qui exclut les surfaces de Weingarten. Différentiant extérieurement cette relation, et résolvant, nous obtenons

$$\frac{d\beta}{\beta} = \chi + l\varpi,$$

formule qui permet de calculer $l(\alpha, \beta)$. Un second couple d'opérations analogues nous donne

$$dl = l\chi + \Phi + \frac{m}{rs}\varpi,$$

qui détermine $m(\alpha, \beta)$. Comparant ces formules avec notre système de Pfaff, nous constatons d'abord que $d\mathrm{H}/\mathrm{A} = d\alpha/\beta$, donc

$$\mathrm{H} = f(\alpha), \qquad \mathrm{A} = \beta f'(\alpha); \tag{3}$$

telle est la forme que prennent les équations de Codazzi. La différentiation de la dernière relation donne

$$\frac{d\mathrm{A}}{\mathrm{A}} = \frac{d\beta}{\beta} + \frac{f''\,d\alpha}{f'} = \chi + l\varpi + \frac{f''\,d\alpha}{f'} = \chi + \left(\frac{f''}{f'} - \frac{l}{2\beta}\right)d\alpha,$$

d'où, en comparant avec la deuxième équation de notre système de Pfaff, $\lambda = l - 2\beta(f''/f')$. Portant cette valeur de λ dans la troisième équation de ce système, et tenant compte des valeurs trouvées pour dl, H et A, nous obtenons enfin

$$\frac{d^2}{d\alpha^2}[\log f'(\alpha)] - \frac{l}{2\beta}\frac{d}{d\alpha}[\log f'(\alpha)] + \frac{1}{4\beta^2 rs}\left[c + m - \frac{f^2(\alpha)}{\beta f'(\alpha)} + \beta f'(\alpha)\right] = 0, \tag{4}$$

formule où l, m, r, s et c sont censées exprimées en α et β. Cette relation équivaut à l'équation de Gauss; c'est, pour $\mathrm{H} = f(\alpha)$, une équation différentielle *ordinaire* du troisième ordre; elle présente cette particularité que ses coefficients dépendent non seulement de α, intégrale première quelconque de ϖ, mais de β, variable indépendante de α, ce qui permettra d'en déduire d'autres en dérivant (4) par rapport à β.

3. Supposons en dernier lieu que χ soit différentielle exacte; cela exige $\mathrm{L}_v/\mathrm{N}_u = \mathrm{UV}$, ce qu'on ramène, par un changement convenable de paramètres, à $\mathrm{L}_v = \mathrm{N}_u$. Il existe donc, sur les surfaces correspondantes, des coordonnées minima particulières u, v, et une fonction $\psi(u, v)$, telles que l'on ait $\mathrm{L} = \psi_u$, $\mathrm{N} = \psi_v$, c'est-à-dire, $\omega^1 = \sqrt{\psi_u}\,du$, $\omega^2 = \sqrt{\psi_v}\,dv$, d'où

$$\varpi = -\frac{1}{2}\frac{\psi_{uv}}{\sqrt{\psi_u\psi_v}}(du + dv).$$

Les équations (1) de Codazzi donnent immédiatement

$$(5)\qquad H = f(u+v), \qquad A = \frac{\sqrt{\psi_u \psi_v}}{\psi_{uv}} f'(u+v)$$

et celle de Gauss (2) devient

$$(6)\qquad f^2 - \frac{\psi_u \psi_v}{\psi_{uv}^2} f'^2 = \frac{f'}{\psi_{uv}} \left(\log \frac{f'}{\psi_{uv}}\right)_{uv}.$$

La formule $H = f(u+v)$ montre qu'il s'agit des surfaces à courbure moyenne isotherme, dont nous avons précédemment signalé ([3]) quelques échantillons simples.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Interprétation, par l'indicatrice des aires, de la condition d'Euler pour l'extremum, dans un problème variationnel.* Note ([1]) de M. **Paul Belgodère**, présentée par M. Élie Cartan.

1° Étant donnée l'intégrale de surface

$$I = \iint g(x, y, z;\ p, q)\, dx\, dy$$

de l'espace euclidien à trois dimensions, nous avons montré antérieurement ([2]), dans le cas où g ne contient que p et q, l'intérêt d'y attacher, en chaque point M : x, y, z, une *indicatrice des aires*, enveloppe du plan

$$Z = pX + qY - g(p, q),$$

et lieu du point caractéristique N, extrémité du vecteur $\overrightarrow{MN}$ de composantes

$$X = g'_p, \qquad Y = g'_q; \qquad Z = pg'_p + qg'_q - g(p, q).$$

Au moyen de cette indicatrice, on pouvait alors caractériser les surfaces extrémales. La présente Note prolonge ce résultat au cas où g contient, outre p, q, les coordonnées x, y, z, de M (problème variationnel général).

Lemme. — Parmi les ∞^2 éléments de contact du 2e ordre $x, y, z; p, q; r, s, t$ issus d'un élément du 1er ordre (M^{pq}) : $x, y, z; p, q$ déterminé, et satisfaisant à la condition d'extremum $\delta I = 0$, exprimée par la condition d'Euler, il en existe en général un et un seul $((M^{pq}))$ homothétique de l'élément du second ordre parallèle $((N^{pq}))$: X, Y, Z; p, q; R, S, T de l'indicatrice des aires

$$r = \lambda R; \qquad s = \lambda S; \qquad t = \lambda T; \qquad -2\lambda = X'_x + Y'_y + Z'_z,$$

les dérivées étant prises, cette fois, pour p et q uniformément fixés et x, y, z, variables.

([3]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 883-885.

([1]) Séance du 21 avril 1947.

([2]) *Extrémales d'une intégrale de surface* (*Comptes rendus*, **219**, 1944, pp. 272-273).

La condition extrémale acquiert alors une forme géométrique, dans laquelle la conique indicatrice des courbures (C. I.) particulière, soit $[M^{pq}]$, relative à l'élément $((M^{pq}))$ dont l'existence et l'unicité font l'objet du lemme, suffit à caractériser, dans leur ensemble, toutes les autres C. I. des éléments extrémants. Nous en décomposons l'énoncé comme suit :

a. *Cas général* $\lambda \neq 0$. — Les ∞^2 C. I. des éléments extrémants (du deuxième ordre), parmi lesquelles figure $[M^{pq}]$, se coupent entre elles, deux à deux, en des points vus du centre commun M selon des directions conjuguées par rapport aux asymptotes de la C. I. particulière $[M^{pq}]$, c'est-à-dire par rapport aux directions asymptotiques en N de la surface indicatrice des aires. En particulier, une courbe d'intersection ne peut dégénérer ponctuellement en deux droites confondues (singularité de la surface extrémante) que suivant une asymptote de la C. I. particulière $[M^{pq}]$ (résultat déjà indiqué par M. Fréchet).

b. *Cas particulier* $\lambda = 0$. — L'élément plan x, y, z; p, q; 0, 0, 0 est alors extrémant. On peut convenir de lui associer une C. I. décomposée, tangentiellement, en deux points à l'infini dans la direction des asymptotiques en N de la surface indicatrice des aires. Les C. I. correspondant aux autres éléments extrémants sont celles dont les asymptotes sont, comme dans le cas particulier où g ne dépend que de p, q, conjuguées à ces directions.

c. *Cas singulier*. — Si l'indicatrice des aires présente une arête, ou un point conique, ou un point saillant $(g''_{pp}g''_{qq} - g''^2_{pq} = 0)$, les ∞^2 C. I. extrémales se coupent toutes en deux points fixes, de milieu M.

Extension. — Pour les intégrales n-uples de l'espace euclidien à $n+1$ dimensions, le cône joignant M à l'intersection de deux indicatrices des courbures, extrémantes, est harmoniquement circonscrit à une variété quadratique tangentielle à l'infini. Dans le cas singulier, celle-ci se spécialise en réduisant la dimension ponctuelle de son support, et la circonscription harmonique s'effectue dans un sous-espace.

2° La valeur de l'intégrale I sur toute surface (S'), extrémante ou non, est le flux sur (S') du vecteur $\overrightarrow{MN'}$ correspondant.

a. Si l'indicatrice des aires est convexe, I est le *maximum du flux* obtenu sur (S') par les vecteurs aboutissant à l'un ou l'autre des différents points de l'indicatrice des aires attachée à chaque point de (S'). Pour h infiniment petit, hI est équivalent au *volume* euclidien de la plaque réunion des demi-h-indicatrices (homothétiques de centre M, rapport h, de l'indicatrice des aires) attachées aux différents points M de (S'), du côté convenable de (S').

b. Soit une famille à un paramètre de surfaces (S_a) définissant, dans une région de l'espace, ∞^3 éléments de contact du premier ordre, donc ∞^3 vecteurs $\overrightarrow{MN}$, fonctions de x, y, z.

Si $\operatorname{div}\overrightarrow{MN} = 0$, le flux des $\overrightarrow{MN}$ est le même sur une surface (S) et sur une

surface voisine (S') bordée par un même contour mais n'appartenant pas au faisceau (S_a). Mais la distribution des vecteurs $\overrightarrow{MN'}$ attachés aux éléments de (S') donne un flux plus grand : chaque (S_a) est donc une surface extrémale de I.

Réciproquement, si (S_a) était un faisceau de surfaces extrémales, avec toutes les dérivées nécessaires, et si $\operatorname{div}\overrightarrow{MN} \neq 0$, on pourrait considérer une région où, par exemple, $\operatorname{div}\overrightarrow{MN} \geq \varepsilon > 0$, uniformément, puisque $\operatorname{div}\overrightarrow{MN}$ est supposé continu. Si une surface (S') limitait avec une surface extrémale (S) du faisceau (S_a), dans le sens des flux croissants, un volume δV, on aurait

$$\delta I = I' - I > \varepsilon\,\delta V.$$

Pour I dérivable, cette variation, d'ordre au moins égal à celui de δV, change donc de signe de l'autre côté de (S), ce qui empêche (S) d'être extrémale.

En résumé, *la condition nécessaire et suffisante d'extremum de chaque surface* (S_a) est $D \equiv \operatorname{div}\overrightarrow{MN} = 0$ *pour l'ensemble des surfaces* (S_a).

c. On vérifie analytiquement que cette condition est identique à la condition d'Euler, *exigible sur chaque* (S_a).

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur l'existence de plusieurs régimes, où les forces de viscosité sont linéaires en fonction de la vitesse.* Note de M. **Jacques Huetz**, présentée par M. Jean Cabannes.

En poursuivant l'étude des phénomènes anormaux qui se manifestent lors de la mesure du coefficient de viscosité d'un liquide par la méthode des solides tournants, nous avons noté ([1]) que le couple mesuré $M(\omega)$ est d'abord proportionnel à la vitesse angulaire ω et qu'il varie ensuite linéairement sans rester proportionnel à ω, à partir d'une certaine vitesse critique ω_c. Par ailleurs, les remarques de A. Guillet ([2]) et les anomalies qu'il signale, semblent conserver la proportionnalité du couple à la viscosité. Enfin l'étude théorique de H. de Beaumont ([3]) prévoit la possibilité de plusieurs régimes linéaires en ω.

Nous nous sommes proposé d'étudier les variations du couple en fonction du coefficient de viscosité η et de ω tout en conservant le même fluide visqueux : un système thermostatique peut faire varier la température, donc la viscosité de ce liquide. Voici les caractéristiques de deux séries de mesures : une sphère de 65^{mm} de diamètre peut tourner autour d'un de ses diamètres avec une vitesse de rotation réglable de 10 à 70 t/mn, au sein d'une huile limitée

---

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 534.
([2]) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1522.
([3]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 535.

extérieurement par une enveloppe sphérique de 115^{mm} de diamètre concentrique à la première sphère ; l'huile utilisée est une huile *spindle* dont la viscosité, en fonction des températures que nous avons pu réaliser a varié de 1 à 0,3 poise ; la deuxième série de mesures a été faite dans des conditions absolument identiques mais en remplaçant la sphère de 65^{mm} par une sphère de 48^{mm}. Le dispositif expérimental que nous avons utilisé pour la mesure du couple a déjà été décrit (1).

Résultats. — Si l'on construit la courbe $y = M(\omega)$, en considérant η comme paramètre, on obtient avec les viscosités les plus fortes un segment de droite passant sensiblement à l'origine; la valeur du moment est cependant plus grande que celle qu'on déduit de la formule de Stokes (de 10 à 15 % suivant les sphères employées). Pour une viscosité plus faible, le premier segment se retrouve, toujours avec une pente excessive, mais il est limité à une certaine vitesse ω_c. Au delà, on a un autre segment qui coupe l'axe des ω en un point A différent de l'origine. Ces deuxièmes segments, lorsque varie la viscosité, coupent toujours l'axe des abscisses au même point A. Pour des viscosités inférieures à 0,4 poise, on observera même l'apparition de troisièmes segments qui eux aussi viendront concourir en un point B de l'axe des abscisses.

Dans tout cela on ne peut affirmer que les segments ainsi déterminés sont rigoureusement rectilignes; mais s'il n'en est pas ainsi, les termes éventuels proportionnels au carré de la vitesse qui s'ajouteraient aux termes simplement proportionnels dans l'expression du couple auraient une importance relative inférieure à 1,5 %, limite des erreurs expérimentales; en tout cas, *l'existence de points anguleux est nettement caractérisée*. Naturellement tous nos résultats ne sont valables que dans les limites de précision de nos expériences. En particulier, nos premiers segments, de pente trop grande, peuvent ne pas passer rigoureusement à l'origine. Nous avons en effet montré avec des huiles plus épaisses l'existence d'un *segment de pente classique* partant de l'origine des coordonnées ; il est possible que pour les huiles plus fluides, ce segment *classique* existe, mais soit limité à une vitesse très faible inférieure à celle que nous pouvons réaliser ici.

Il est probable que ces diverses familles de segments correspondent à des distributions de vitesses différentes. F. Charron (4) a en effet reconnu que le mouvement d'un liquide visqueux entre deux sphères concentriques en rotation relative, pouvait présenter des composantes méridiennes de la vitesse, fait expérimental qui avait du reste été prévu par H. de Beaumont. Les remarques de A. Guillet s'expliquent aisément. On peut observer la proportionnalité du couple à η, si l'on reste dans un domaine de vitesse et de viscosité suffisamment étroit pour ne rencontrer qu'une seule famille de segments concourants. Il

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 373.

ressort de tout cela que le couple est de la forme

$$M = k\eta(\omega - \omega_0),$$

k et ω_0 restant constants tant que l'on se limite à une famille de segments concourants; leur valeur change de façon discontinue quand on passe d'une famille à une autre.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Théorie non linéaire du photon et du méson. Modification de la loi de Yukawa.* Note de M. **Bernard Kwal.**

Dans notre précédente Note [1] nous avons indiqué la possibilité d'une mécanique ondulatoire non linéaire de l'électron. Le cas du corpuscule de spin 1 (photon de L. de Broglie, méson de Yukawa-Proca) se rattache encore plus étroitement aux théories de G. Mie et de M. Born. Nous nous trouvons ici en présence d'une particularisation, au sens de M. Born, de la théorie générale de G. Mie où interviennent les valeurs absolues des potentiels. La faiblesse de la masse propre du photon fait que la théorie développée ci-dessous ne présente d'intérêt pratique que pour le méson.

1. *Équations non linéaires du méson vectoriel.* — Nous prendrons comme fonction de Lagrange, l'expression suivante

$$(1)\qquad \mathcal{L} = \mathcal{C}^2\left\{\sqrt{1 + \frac{1}{\mathcal{C}^2}[(B^2 - B^2) + \varkappa^2(A^2 - V^2)]} - 1\right\},$$

en laissant provisoirement de côté l'expression plus générale

$$(1')\qquad \mathcal{L} = \mathcal{C}^2\left\{\sqrt{1 + \frac{1}{\mathcal{C}^2}[(B^2 - E^2) + \varkappa^2(A^2 - V^2)] - \frac{1}{\mathcal{C}^4}\left[(BE)^2 + \varkappa^2\left(\vec{A} \times \vec{B} + V\vec{E}\right)^2\right]} - 1\right\}$$

que suggère la théorie de Mie et que l'on peut déduire, en étudiant dans un espace à 5 dimensions, le carré de la matrice $|a_{ik}| = |g_{ik} + f_{ik}|$.

Les équations du champ que l'on déduit de (1) sont les suivantes :

$$(2)\qquad \frac{1}{c}\frac{\partial D}{\partial t} - \operatorname{rot} H = 0, \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial B}{\partial t} + \operatorname{rot} E = 0, \qquad \operatorname{div} D = P, \qquad \operatorname{div} B = 0,$$

avec les définitions suivantes :

$$(3)\qquad B = \operatorname{rot} A, \qquad E = \frac{1}{c}\frac{\partial A}{\partial t} - \operatorname{grad} V, \qquad D = -\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial E}, \qquad H = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial B}, \qquad P = -\frac{\partial L}{\partial A}.$$

Nous avons admis, d'une part, la fonction d'onde primaire (B, E, A) et, d'autre part, la fonction d'onde de polarisation (D, H, P).

---

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1099.

En présence du champ extérieur, caractérisé par $(\vec{\mathfrak{A}}, \mathfrak{A}_4)$, nous poserons dans (3)

(3′) $B = \mathrm{Rot}\,A, \qquad E = D_t A - \mathrm{Grad}\,V, \qquad D_t = \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t} - \varkappa\frac{e}{c}\mathfrak{A}_4, \qquad \mathrm{Grad} = \mathrm{grad} + \varkappa\frac{e}{c}\vec{\mathfrak{A}}.$

2. *Équations d'onde non linéaires du méson scalaire.* — A la place du lagrangien $\mathcal{L}_0 = (\mathrm{grad}\,C)^2 + \varkappa^2 C$ de la mésodynamique scalaire, linéaire, nous prendrons le lagrangien

(4) $$\mathcal{L} = \mathcal{C}^2\left(\sqrt{1 + \frac{1}{\mathcal{C}^2}\mathcal{L}_0} - 1\right).$$

Nous aurons ainsi à distinguer une fonction d'onde primaire (C, V) et une fonction d'onde de polarisation (C′, V′),

(5) $$C' = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C}, \qquad V' = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial V},$$

les équations fondamentales de la théorie, prenant la forme que voici

(6) $$C' - \mathrm{div}\,V' = 0, \qquad V = \mathrm{grad}\,C.$$

3. *Solution statique en mésodynamique vectorielle non linéaire.* — En l'absence du champ extérieur, la solution statique correspond à $\vec{A} = \vec{B} = 0$, ce qui conduit aux relations suivantes entre E_s, D_s et P_{4s} :

(7) $$\begin{cases} \mathrm{div}\,D_s = \dfrac{d}{dr}\left[\dfrac{1}{r^2}\dfrac{d}{dr}(r^2 D_s)\right] = \dfrac{\varkappa^2 V}{\sqrt{1 - \dfrac{1}{\mathcal{C}^2}(E^2 + \varkappa^2 V^2)}}, \\ D_s = \dfrac{E_s}{\sqrt{1 - \dfrac{1}{\mathcal{C}^2}(E^2 + \varkappa^2 V^2)}}, \qquad E_s = -\dfrac{dV_s}{dr}, \end{cases}$$

d'où l'on tire l'équation non linéaire suivante à laquelle satisfait la fonction $V(r)$,

(8) $$V'' + \frac{2}{r}V' - \varkappa^2 V = \frac{2}{\mathcal{C}^2}\,\frac{V'^3}{r\left(1 - \dfrac{\varkappa^2}{\mathcal{C}^2}V^2\right)}.$$

$V(r)$ admet pour expressions asymptotiques pour r petit et pour r grand, la solution de Born et la solution de Yukawa, respectivement.

Soit $V_0 = c(e^{-\varkappa r}/r)$, la solution de Yukawa. On peut chercher un développement de la forme

(9) $$V = V_0 + \frac{1}{\mathcal{C}^2}V_1 + \frac{1}{\mathcal{C}^4}V_2 + \ldots.$$

Les termes correctifs se calculent facilement, on a, par exemple,

(10) $$V_1(r) = V_0(r)\left\{\frac{e^{-\varkappa 2r}}{r}\left(\frac{1}{2r^3} + \frac{\varkappa}{30}\frac{1}{r^2} + \frac{7\varkappa^2}{30r} - \frac{8\varkappa^3}{15}\right) - \frac{(2\varkappa)^4}{30}\,Ei(-2\varkappa r) + \frac{8\varkappa^5}{15}\int_r^{\infty} e^{2\varkappa r}\,Ei(-4\varkappa r)\,dr\right\},$$

la fonction $Ei(x)$ étant le logarithme intégral.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Intégrale du premier ordre. Correspondance mécanique classique-mécanique ondulatoire. Rôle du champ électromagnétique.* Note de M. **Robert Faure.**

Nous avons indiqué dans une Note antérieure (1) la correspondance entre la mécanique classique et la mécanique ondulatoire dans le cas d'un champ de forces dérivant d'un potentiel scalaire.

Envisageons l'étude du même problème avec un champ électromagnétique. Le système classique (C) admet l'intégrale F. L'hamiltonien classique sera de la forme

$$H = \sum_i \frac{1}{2} A_i p_i^2 + L_i p_i + u,$$

p_i moments de Poisson.

L'intégrale classique est alors

$$F = \Sigma h_i p_i + R,$$

les L_i étant les composantes du potentiel vecteur A_i, L_i, u fonctions de l'ensemble des coordonnées du système. F satisfait à l'équation aux dérivées partielles

$$(1) \qquad \sum_i \left(\frac{\partial F}{\partial p_i} \frac{\partial H}{\partial q_i} - \frac{\partial F}{\partial q_i} \frac{\partial H}{\partial p_i} \right) = 0.$$

On dispose de ce fait des relations suivantes :

$$(I) \qquad A_i \frac{\partial h_n}{\partial q_i} + A_n \frac{\partial h_i}{\partial q_n} = 0,$$

$$(II) \qquad \sum_k \frac{1}{2} h_k \frac{\partial A_i}{\partial q_k} - A_i \frac{\partial h_i}{\partial q_i} = 0,$$

$$(III) \qquad \sum_r \left(h_r \frac{\partial L_i}{\partial q_r} - L_r \frac{\partial h_i}{\partial q_r} \right) = A_i \frac{\partial R}{\partial q_i},$$

$$(IV) \qquad \sum_i \left(Q_i \frac{\partial u}{\partial q_i} - L_i \frac{\partial R}{\partial q_i} \right) = 0.$$

Les conditions de la mécanique quantique déduites de

$$(2) \qquad AH - HA = 0,$$

où H hamiltonien quantique est de la forme

$$H = -\frac{h^2}{8\pi^2} \sum A_i \frac{\partial^2}{\partial q_i^2} + A_i \frac{\partial}{\partial q_i} \log \frac{g_{i'}}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial q_i} \xi + \frac{h}{2\pi_i} \sum_i L_i \frac{\partial}{\partial q_i} + u.$$

A intégrale quantique étant de la forme

$$A = -\frac{h}{2\pi_i} \sum h_i \frac{\partial}{\partial q_i} + R,$$

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 797.

g déterminant de la forme quadratique $2T\,dt^2 = ds^2 = \Sigma a_i\,dq_i^2 = \Sigma A_i p_i^2\,dt^2$ (2) redonnent les équations (I), (II), (III) ainsi que les équations supplémentaires, n du type (IV).

$$\sum_k h_k \frac{\partial}{\partial q_k}\left(A_i \frac{\partial}{\partial q_i}\log\frac{g_i}{\sqrt{g}}\right) - A_k \frac{\partial^2 h_i}{\partial q_k^2} - A_k \frac{\partial}{\partial q_k}\log\frac{g_k}{\sqrt{g}}\frac{\partial h_i}{\partial q_k} = 0,$$

$$\text{(V)} \qquad \sum_i A_i \frac{\partial^2 R}{\partial q_i^2} + A_i \frac{\partial}{\partial q_i}\log\frac{g_i}{\sqrt{g}}\frac{\partial R}{\partial q_i} = 0,$$

équation unique.

Les équations (I), (II), (III) étant les mêmes que dans le cas du champ uniquement scalaire, les équations (IV) sont vérifiées *ipso facto*.

La condition (V) donne lieu après utilisation des formules précédentes à la condition (VI)

$$\text{(VI)} \qquad 0 = \sum_{ir} \frac{\partial}{\partial q_i}\left[\left(L_r \frac{\partial h_i}{\partial q_r} - h_r \frac{\partial L_i}{\partial q_r}\right)\sqrt{g}\right],$$

qui ne fait intervenir que les composantes du potentiel vecteur, les nombres h_i et uniquement g comme élément de la force vive.

On voit donc ainsi apparaître la nette différence entre ce cas et le cas d'un champ purement scalaire, l'existence de F en mécanique classique ne suffisant plus pour permettre d'affirmer l'existence de (A) en mécanique quantique, qui n'a lieu que si (VI) est vérifiée.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la circulation des eaux dans le réseau souterrain de la Dent de Crolles.* Note ([1]) de M. **Pierre Chevalier**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

La Dent de Crolles est l'extrémité méridionale du synclinal perché de la Chartreuse orientale. Le réseau souterrain de 17^{km} qui la sillonne se compose de deux ensembles distincts : un réseau en activité, et un réseau fossile datant probablement du tertiaire.

Réseau actif. — Il a pour bassin d'alimentation le plateau sommital. Les eaux d'infiltration, pénétrant par les fissures et les gouffres du lapiaz, traversent successivement les calcaires urgo-aptiens (100^m) et urgo-barrémiens (200^m), puis les calcaires jaunes du barrémien inférieur (100^m). Les différents affluents sont collectés vers le fond du synclinal au contact des marnes hauteriviennes; leur réunion forme le Guiers souterrain dont la résurgence est la Grotte-Source du Guiers Mort.

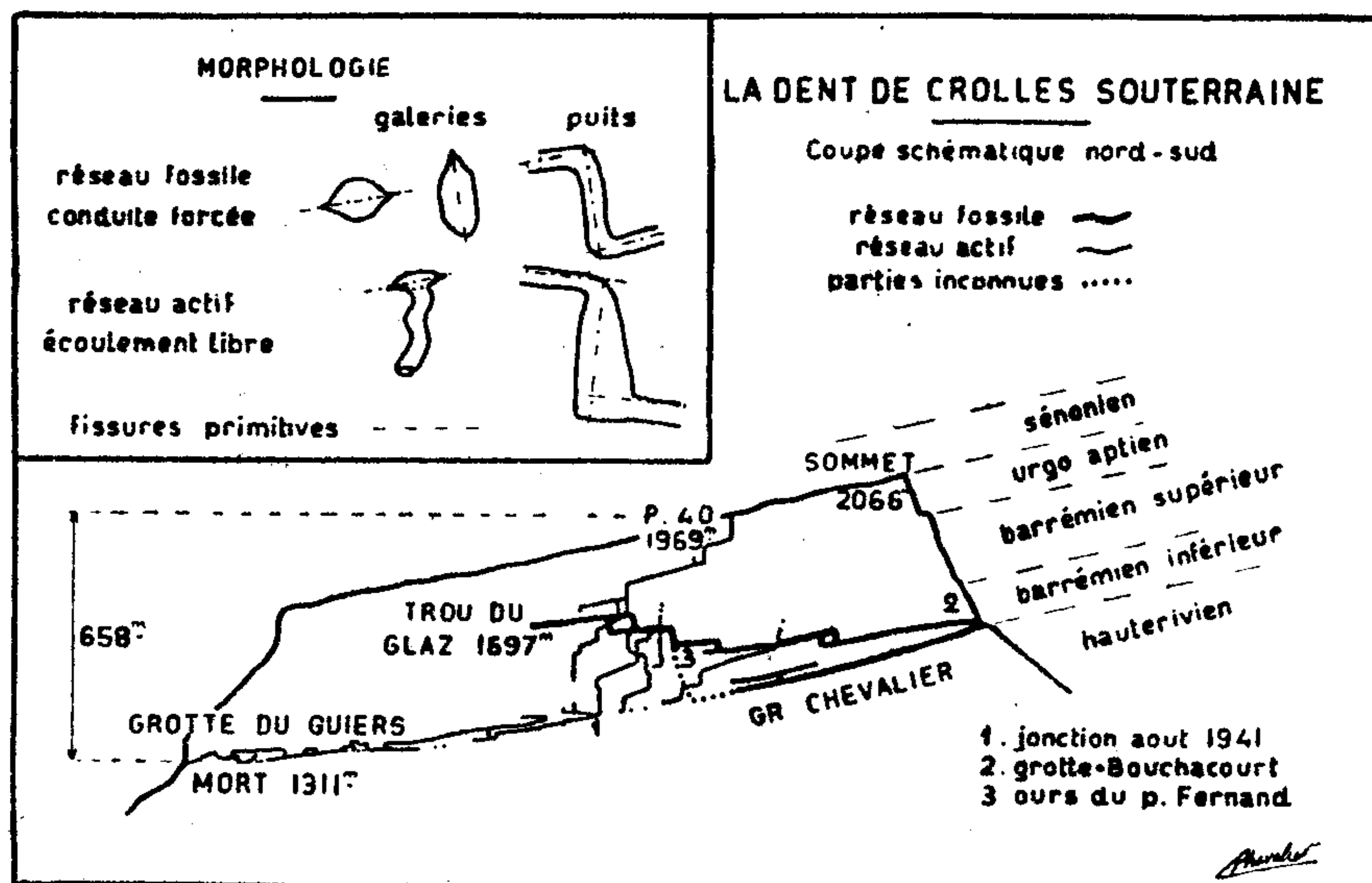
L'ensemble, avec 658^m de dénivellation, est la plus grande des percées hydrogéologiques entièrement pénétrables.

Ces réseaux, dont nous connaissons une dizaine, ont été creusés en écoulement libre et sont caractérisés par une succession d'énormes puits en forme de

---

([1]) Séance du 14 avril 1947.

paraboloïde (5 à 10ᵐ de diamètre à la base), séparés par de hautes et étroites galeries en méandres (3 à 10ᵐ de haut, moins de 1ᵐ de large). Les premiers



sont creusés aux dépens des diaclases, les secondes ont pour origine des joints de stratification bien visibles à leur voûte.

L'eau, travaillant par corrosion chimique dans la zone des lapiaz, agit plus bas surtout par érosion mécanique : nous l'avons vérifié en mesurant la perte de poids en un an d'échantillons de roche de dureté différente, attaquables ou non par l'acide carbonique. La puissance d'érosion est fonction de la vitesse de l'eau, ce qui explique la forme des puits et leurs dimensions beaucoup plus vastes que celles des galeries; celles-ci, creusées peu à peu en profondeur à partir du joint initial, forment des méandres d'amplitude croissante. La largeur des galeries est en rapport direct avec le débit; étant à peu près constante de haut en bas, on peut en déduire que le régime des précipitations n'a pas sensiblement varié au cours du creusement.

Régime actuel des eaux. — En période sèche, le débit voisin, de 20 l/sec., paraît élevé étant donnée la végétation réduite du plateau. L'exploration de la partie haute du réseau actif nous a montré que ce débit était dû, non pas aux réserves de neige des trous de lapiaz, comme on l'a souvent admis, mais à l'eau de condensation abandonnée par l'air extérieur pénétrant dans un milieu très froid (4°). D'une part, la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur provoque une circulation d'air continue et importante entre orifices d'altitude différente. D'autre part, dans les moindres fissures du lapiaz circulent des courants de convexion locaux, et nous avons pu voir se former de véritables ruisselets à moins de 10ᵐ sous le plateau.

Dans le réseau actif, la vitesse de passage de l'eau pour une pente de 20 %

est de l'ordre de 100 m/mn. Dans le cours inférieur, des bassins ralentissent cette vitesse, et l'eau passe en 50 à 60 heures entre les différents réseaux du Glaz et la source du Guiers. En période de crue, le débit peut atteindre 2 m^3/sec. (15-9-40) ce qui provoque une mise en charge de 16^m noyant plusieurs centaines de mètres de galeries.

Réseau fossile. — La dent de Crolles ne contient qu'une partie de l'ancien réseau qui la traverse d'Est en Ouest. Le bassin d'alimentation, entièrement disparu, prolongeait le relief actuel vers le Sud et l'Est, au-dessus du Plateau des Petites Roches et probablement au delà en direction de l'Isère?

L'étude du remplissage de l'une des grottes, principalement composé de résidus de quartz et de glauconie, prouve que, lors de la formation du réseau, l'assise urgonienne était encore recouverte d'une carapace Sénonienne.

Le tronçon subsistant comprend deux bras principaux pénétrant dans la face Est au contact de l'Hauterivien, pour sortir dans la face Ouest au Trou du Glaz à mi-hauteur du Barrémien supérieur.

Ses vastes galeries dessinent un parcours en dents de scie, descendant le long des joints pour remonter à la faveur des diaclases. Contrairement au réseau actif, le réseau fossile a été creusé en conduite forcée, ce qui se traduit par une érosion régulière aux dépens des fissures d'origine, conduisant à des sections homogènes de forme générale elliptique.

L'un des bras du réseau a été parcouru intégralement; l'autre est coupé entre la Grotte Chevalier et le Glaz par l'obstruction par alluvions d'une ancienne branche remontante de siphon d'une centaine de mètres. L'existence de ce siphon est confirmée par la présence d'un squelette d'Ours de grande taille (canines de 12^{cm}) probablement entraîné par une crue au delà du siphon avant son colmatage.

D'autres ossements d'Ours plus récents ont été trouvés près de l'entrée du Glaz. Aucun vestige de l'homme, ces grottes présentant des conditions très défavorables à l'habitat.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la propagation de la lumière dans un champ électrostatique.* Note ([1]) de M. **Antonio Gião**.

Nous exposons ici brièvement la théorie d'un nouvel effet électro-optique qui consiste en une déviation des rayons lumineux par le champ électrostatique, analogue à la déviation einsteinienne par le champ de gravitation et dont celle-ci n'est qu'un cas particulier.

D'après un résultat général obtenu par l'auteur dans des recherches ([2]) sur

([1]) Séance du 21 avril 1947.

([2]) *Portugaliæ Physica*, vol. **2**, I, 1946, pp. 1-98; *Portugaliæ Mathematica*, vol. **5**, III, 1946, pp. 145-192.

la synthèse de la Relativité générale et de la Mécanique ondulatoire, les phénomènes électromagnétiques doivent être rattachés essentiellement à la *métrique externe* de l'espace-temps, et toute grandeur $\varphi(x^i)$ électromagnétique (champs ou potentiels) satisfait à des équations de propagation de la forme $\square_\omega \varphi = f(x^i)$, où les f ne contiennent pas les $\partial^2\varphi/\partial x^i\,\partial x^k$ et où $\square_\omega$ est l'opérateur dalembertien (laplacien pour une métrique hyperbolique) attaché à la forme métrique externe $d\Omega^2 = \omega_{ik}\,dx^i\,dx^k$ et construit avec les ω_{ik} exactement comme l'opérateur $\square$ est construit avec les g_{ik}, c'est-à-dire

$$\square_\omega = \frac{1}{\sqrt{\omega}}\frac{\partial}{\partial x^i}\left(\sqrt{\omega}\,\omega^{ik}\frac{\partial}{\partial x^k}\right),$$

ω étant le déterminant des ω_{ik} et $\omega^{ik}\omega_{kl} = \delta^i_l$. Il en résulte, d'après la théorie des équations aux dérivées partielles linéaires hyperboliques, que les rayons de la propagation du rayonnement électromagnétique sont les bicaractéristiques de Cauchy de l'opérateur $\square_\omega$, c'est-à-dire les lignes de *longueur* nulle de la forme métrique externe, données par l'équation $\omega_{ik}\,dx^i\,dx^k = 0$. Les rayons lumineux ne sont donc des géodésiques de longueur nulle de la métrique interne $(ds^2 = g_{ik}\,dx^i\,dx^k = 0)$ que si l'on a $\omega_{ik} = \chi g_{ik}$, ce qui exige que l'espace-temps ait une courbure moyenne constante.

Désignons par γ le module de la vitesse de la lumière. On a $\gamma = \sqrt{-\omega_{44}/\omega_{22}}$ pour un rayon plan presque rectiligne, l'axe des x^2 étant confondu avec la direction moyenne de la propagation. Considérons alors les équations générales de notre théorie (*loc. cit.*) pour les ω_{ik}

$$S_{ik} - \frac{1}{2}\omega_{ik}(S + \lambda_\omega) = \varkappa_\omega U_{ik}, \tag{1}$$

S_{ik} étant le tenseur formé avec les ω_{ik} comme le tenseur de Ricci-Einstein est formé avec les g_{ik}, S l'invariant $\omega^{ik}S_{ik}$, λ_ω et $\varkappa_\omega$ des constantes, et enfin U_{ik} le tenseur de densité d'énergie-impulsion de l'électricité. Pour un champ électrostatique pur on déduit des équations précédentes en négligeant naturellement la constante cosmologique électrique λ_ω

$$\Delta\omega_{ik} = 2\chi\varkappa_\omega\left(U_{ik} - \frac{1}{2}\omega_{ik}U\right),$$

Δ étant le laplacien spatial (de la métrique interne), χ la courbure moyenne de l'espace-temps et U l'invariant $\omega^{ik}U_{ik}$. Si le champ électrostatique est à *symétrie sphérique*, on obtient la solution extérieure

$$\omega_{44} = b_\omega - \frac{\chi^2\varkappa_\omega\overline{U}}{4\pi r}, \qquad \omega_{ik} = b_\omega\delta_{ik} + \frac{\chi^2\varkappa_\omega\overline{U}}{4\pi r^3}x_i x_k, \qquad \omega_{4i} = 0 \qquad (i, k = 1, 2, 3). \tag{2}$$

r étant la distance au centre du champ, $\overline{U}$ l'intégrale de U dans le volume occupé par les charges et b_ω une constante (valeur des ω_{ii} pour une charge

nulle). Le module de la vitesse de la lumière pour le rayon envisagé plus haut sera donc

$$\gamma = \sqrt{\frac{\left(\frac{\chi^2 \varkappa_\omega \overline{\mathrm{U}}}{4\pi r} - b_\omega\right)}{\left(b_\omega + \frac{\chi^2 \varkappa_\omega \overline{\mathrm{U}}}{4\pi r^3} . x_2^2\right)}}.$$

En refaisant, avec cette valeur de γ, le calcul classique qui donne la déviation einsteinienne pour un champ de gravitation à symétrie sphérique, on obtient pour l'angle δ de déviation d'un rayon venant *de l'infini* et passant à la distance minima D_m du centre du champ électrostatique $\delta = (\chi^2 \varkappa_\omega \overline{\mathrm{U}} / 2\pi b_\omega D_m)$, quand on suppose que χ varie peu avec r, ce qui a lieu effectivement (voir plus loin). Mais $\overline{\mathrm{U}}$ est relié à la charge totale Q qui produit le champ par l'expression

$$b_\omega \varkappa_\omega \overline{\mathrm{U}} = \frac{8\pi e \mathrm{K}_{el} a \mathrm{Q}}{(m_0)_e c^2},$$

où e et $(m_0)_e$ sont la charge et la masse propre de l'électron, K_{el} la constante de Coulomb et a un coefficient (nombre pur) qui provient de l'effet sur les U_{ik} du passage, indispensable ici, de l'échelle microscopique à l'échelle macroscopique dans les équations (1). La formule de la déviation des rayons s'écrit donc

$$\delta = \frac{4 e \chi^2 \mathrm{K}_{el} a \mathrm{Q}}{b_\omega^2 (m_0)_e c^2 \mathrm{D}_m}.$$

Or, on a l'identité $4\chi \equiv g^{ik}\omega_{ik} \simeq \delta^{ik}\omega_{ik}$; en tenant compte des (2), on trouve facilement $\chi \simeq b_\omega$ et la formule de la déviation des rayons prend donc sa forme définitive

(3) $$\delta = \frac{4e}{(m_0)_e c^2} \mathrm{K}_{el} a \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{D}_m},$$

c'est-à-dire

$$\delta_{\text{radians}} = 2,37 . 10^{-3} a \frac{\mathrm{Q}_{\text{u.e.s.}}}{(\mathrm{D}_m)_{\text{cm.}}}.$$

Pour un rayon rasant la sphère qui porte la charge Q placée dans un milieu dont la constante diélectrique est pratiquement égale à 1, on a donc

$$\delta = \frac{4 e \mathrm{K}_{el} a \mathrm{V}}{(m_0)_e c^2},$$

V étant le potentiel électrostatique de la sphère. La formule (3) se prête facilement à une vérification expérimentale, bien que la valeur de a ne soit pas connue *a priori*; ce coefficient est en effet constant pour un conducteur donné, en première approximation.

Il est clair qu'une vérification expérimentale de la formule (3) revient en quelque sorte à prouver que les phénomènes électromagnétiques doivent être rattachés à la métrique externe de l'espace-temps, d'où l'importance d'une telle vérification.

OPTIQUE. — *Microphotomètre différentiel.* Note ([1]) de M. **André Danten.**

En spectrographie de rayons X, il est fréquemment nécessaire de mesurer des écartements de raies sur plaque photographique avec une précision absolue voisine du 1/1000 de millimètre. Il est difficile d'obtenir une telle précision à l'aide d'un comparateur à microscope et réticule en raison de la largeur des raies et de la granulation importante des émulsions rapides utilisées. Le dépouillement microphotométrique, qui peut rendre service dans certains cas, présente l'inconvénient de donner des maxima d'ordonnées très différentes, dont les abscisses sont difficiles à repérer. De plus, pour certaines raies larges et peu intenses, le repérage du maximum lui-même est assez imprécis.

Il semble indiqué d'employer un microphotomètre différentiel à lecture directe, relevant la dérivée de la densité photographique en un point du spectre par rapport à l'abscisse de ce point, comptée sur une direction normale aux raies spectrales.

Le centre d'une raie sera exactement repéré par l'indication zéro du photomètre.

J'ai réalisé au laboratoire de Chimie-Physique de la Faculté des Sciences de Paris, un montage d'essai qui donne pratiquement un tel photomètre,

Deux cellules photoélectriques reçoivent les flux lumineux qui traversent deux fentes fines, parallèles et contiguës de même largeur dx.

La différence des courants passant dans les deux cellules donne, après amplification convenable, une valeur dy qui peut être considérée comme une approximation suffisante de la différentielle cherchée si l'on a soin de prendre pour dx une valeur assez petite.

Au point de vue pratique, j'ai employé deux cellules à gaz très sensibles C_1

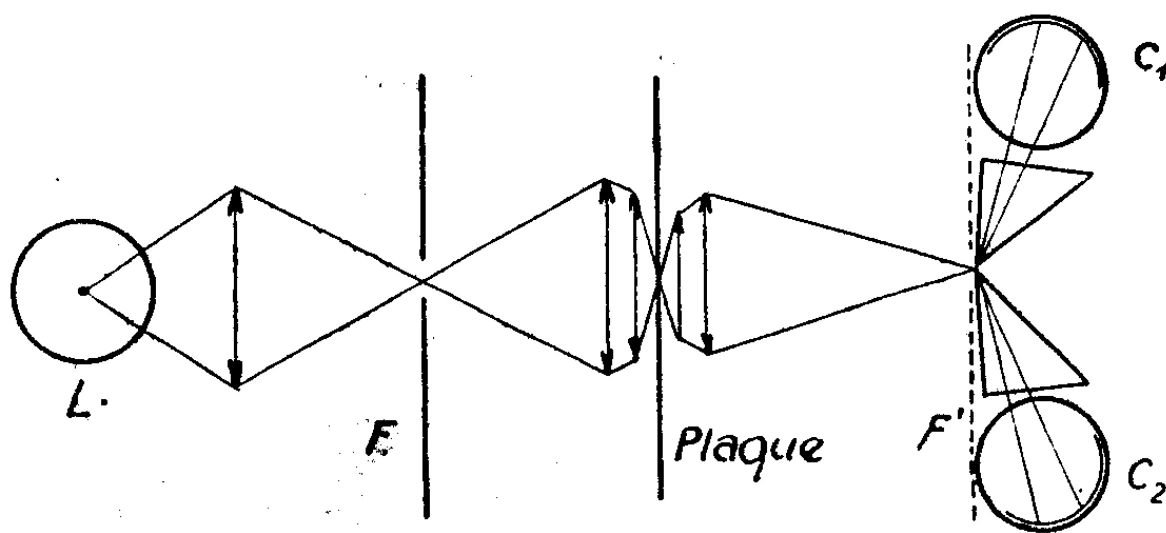


Fig. 1.

et C_2. Le montage optique effectué sur un banc de microphotomètre enregistreur Kipp et Zonen comporte une lampe à filament rectiligne avec son

([1]) Séance du 31 mars 1947.

condensateur et sa fente F, deux objectifs de microscope jouant respectivement le rôle de condensateur et d'objectif, deux prismes pour la séparation des faisceaux. Le trajet des rayons est schématisé figure 1, l'image F′ de la fente F se fait sur l'arête commune des deux prismes, déterminant ainsi les deux plages d'exploration sur le cliché dont l'image coïncide avec celle de la fente.

L'amplification symétrique comporte deux penthodes à grande résistance interne et l'appareil de lecture est constitué par un trèfle cathodique; le montage symétrique a permis l'alimentation sur réseau. Le schéma est classique (*fig.* 2). Les plaques des deux amplificatrices sont alimentées

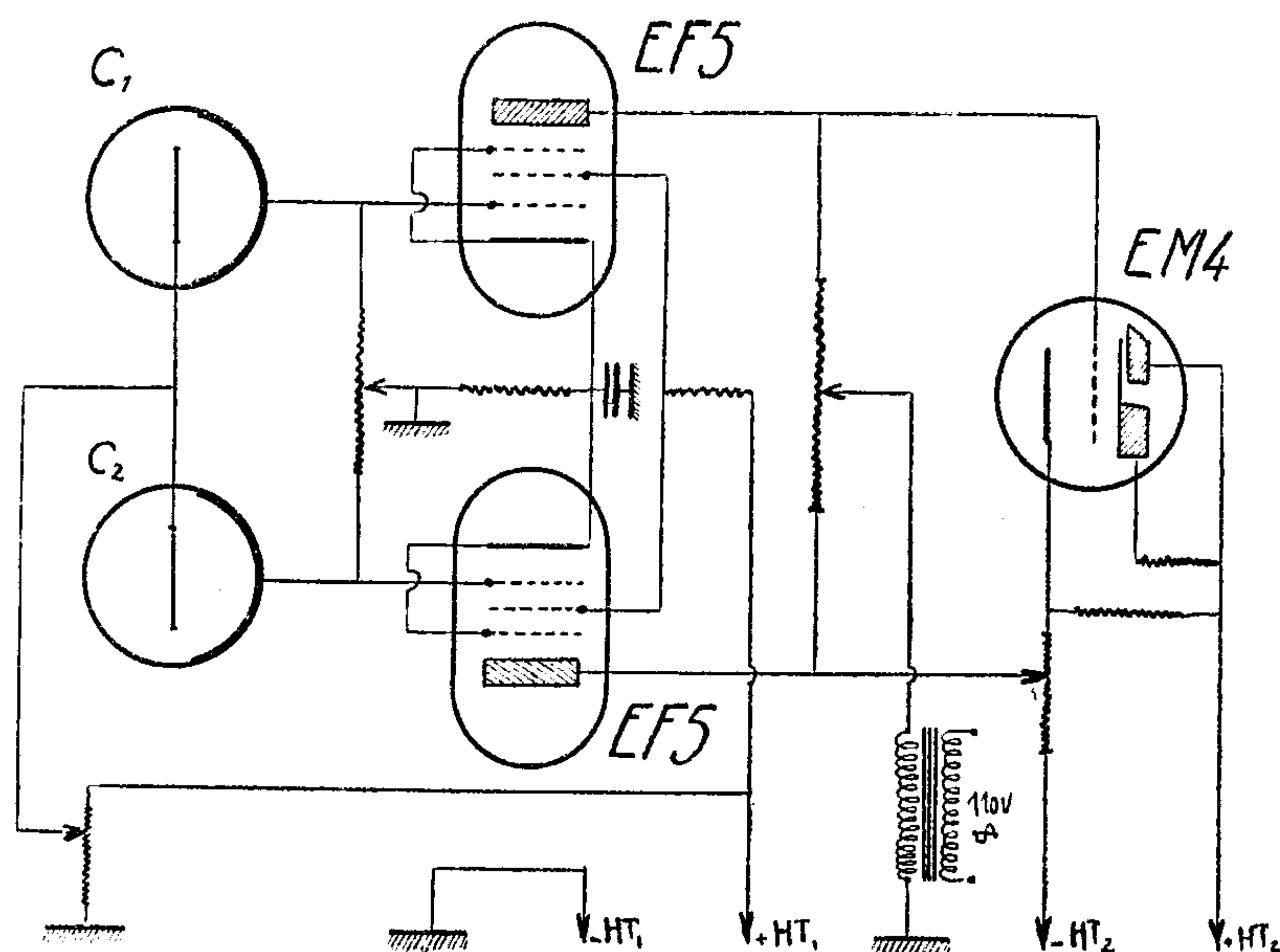


Fig. 2.

en alternatif, ce qui bloque le trèfle sur la valeur zéro pendant toute l'alternance négative et facilite la lecture (*fig.* 3).

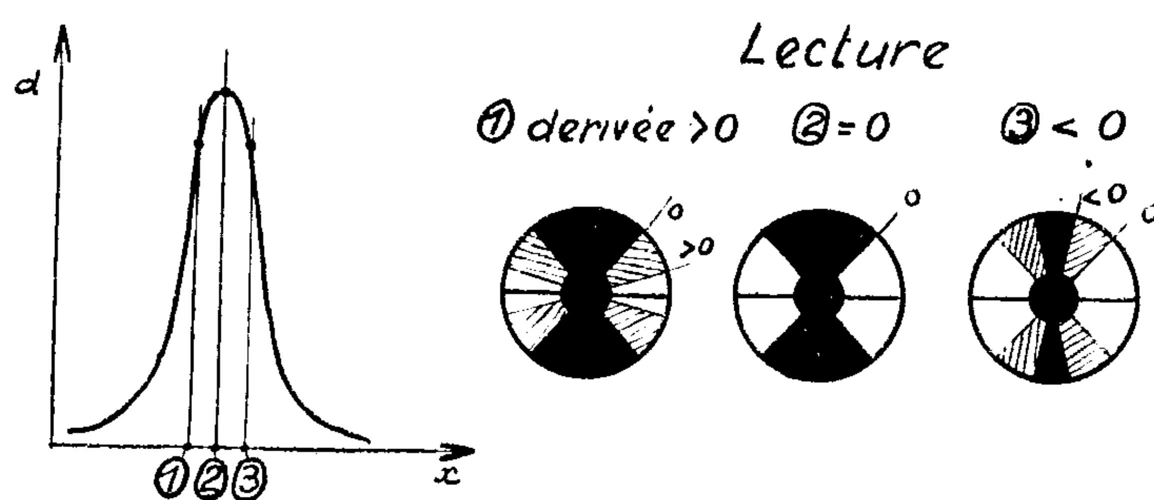


Fig. 3.

Avec l'appareil réalisé, il est possible de pointer une raie de $0^{mm},20$

de largeur, de densité 0,5 au-dessus du voile, avec une précision de l'ordre de 0,002 à $0^{mm},001$. La déviation totale du bord extérieur du trèfle atteint 10^{mm} et la dérivée varie rapidement au voisinage du zéro.

Toutefois le banc utilisé ne permet pas d'apprécier d'une façon certaine la précision de la mesure. Il serait d'ailleurs souhaitable de réaliser un montage plus poussé, à amplification plus élevée, pour juger de possibilités intéressantes (raies faibles, raies floues). Un appareil de ce type, destiné à être monté sur comparateur Zeiss, est actuellement à l'étude.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Étude expérimentale de l'anisotropie de l'effet Raman dans les cristaux cubiques*. Note de M[lle] **Lucienne Couture** et M. **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous rectifierons d'abord les prévisions théoriques données dans une Note précédente ([1]) au sujet du facteur de dépolarisation ρ et de l'intensité I des raies provenant de vibrations triplement dégénérées. Un raisonnement sommaire nous avait fait indiquer que ρ et I demeuraient constants quelle que soit l'orientation du cristal; en réalité, ces grandeurs doivent varier, comme cela se produit pour les vibrations doublement dégénérées. En effet, chacune des trois vibrations composantes d'une oscillation fondamentale triple est symétrique par rapport à l'un des axes binaires du tétraèdre et antisymétrique par rapport aux deux autres; chacune des coordonnées normales correspondantes q', q'', q''' a une orientation bien déterminée dans le cristal. Le calcul de moyennes fait précédemment doit être remplacé par un calcul analogue à celui que nous avons appliqué aux vibrations doubles ([1]). Calculons d'abord les tenseurs de polarisabilité dérivés rapportés à des axes ayant différentes orientations dans le cristal. Par rapport aux axes binaires du tétraèdre $Oxyz$ (confondus avec les axes quaternaires du cube), on a

$$\frac{\partial[\mathrm{T}]}{\partial q'} = \varepsilon_0 \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}, \qquad \frac{\partial[\mathrm{T}]}{\partial q''} = \varepsilon_0 \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{vmatrix}, \qquad \frac{\partial[\mathrm{T}]}{\partial q'''} = \varepsilon_0 \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}.$$

Rapportés à des axes $Ox'y'z'$ déduits des précédents par une rotation de 45° autour de Oz, ces tenseurs deviennent

$$\frac{\partial[\mathrm{T}]}{\partial q'} = \varepsilon_0 \begin{vmatrix} 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \end{vmatrix}, \qquad \frac{\partial[\mathrm{T}]}{\partial q''} = \varepsilon_0 \begin{vmatrix} 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \end{vmatrix},$$

$$\frac{\partial[\mathrm{T}]}{\partial q'''} = \varepsilon_0 \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}.$$

([1]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 902.

Rapportés aux axes $Ouvw$ définis dans la Note précédente, Ow étant un axe ternaire, ces tenseurs deviennent

$$\frac{\partial[\mathrm{T}]}{\partial q'}=\varepsilon_0\begin{vmatrix} -\frac{2}{3} & -\frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{3\sqrt{2}} \\ -\frac{1}{\sqrt{3}} & 0 & -\frac{1}{\sqrt{6}} \\ \frac{1}{3\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{2}{3} \end{vmatrix}, \qquad \frac{\partial[\mathrm{T}]}{\partial q''}=\varepsilon_0\begin{vmatrix} -\frac{2}{3} & \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{3\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{6}} \\ \frac{1}{3\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{2}{3} \end{vmatrix},$$

$$\frac{\partial[\mathrm{T}]}{\partial q'''}=\varepsilon_0\begin{vmatrix} \frac{1}{3} & 0 & -\frac{\sqrt{2}}{3} \\ 0 & -1 & 0 \\ -\frac{\sqrt{2}}{3} & 0 & \frac{2}{3} \end{vmatrix}.$$

On en déduit les valeurs de ρ et de I dans les divers cas d'étude numérotés comme dans la Note précédente

Cas 1......... $\rho=2,\quad \mathrm{I}=3\varepsilon_0^2$

Cas $2a$.......	$\rho=2,$	$\mathrm{I}=3\varepsilon_0^2$	Cas $3a$.......	$\rho=\frac{2}{5},$	$\mathrm{I}=\frac{7}{3}\varepsilon_0^2$
» $2b$.......	$\rho=\frac{1}{2},$	$\mathrm{I}=3\varepsilon_0^2$	» $3b$.......	$\rho=\frac{3}{4},$	$\mathrm{I}=\frac{7}{3}\varepsilon_0^2$
» $2c$.......	$\rho=1,$	$\mathrm{I}=2\varepsilon_0^2$	» $3c$.......	$\rho=\frac{3}{5},$	$\mathrm{I}=\frac{8}{3}\varepsilon_0^2$

L'expérience confirme nos prévisions théoriques. Nous avons d'abord étudié la raie de la fluorine, située à 322 cm^{-1}, qui provient d'une vibration triplement dégénérée. En donnant au cristal quatre des orientations définies ci-dessus, nous avons obtenu les résultats suivants

Cas 1.........	ρ mesuré	1,8	ρ calculé	2
» $2a$........	»	1,8	»	2
» $2c$........	»	1,2	»	1
» $3a$........	»	0,46	»	0,4

Nous avons ensuite étudié le nitrate de plomb et le nitrate de strontium; nous ne communiquerons ici que les résultats relatifs à des vibrations externes

	ρ mesuré						ρ calculé		
	$(NO_3)_2Pb$			$(NO_3)_2Sr$					
$\Delta\nu$ (cm^{-1}).	96.	123,5.	145.	109.	128.	183.	Simple.	Double.	Triple.
Cas $2a$...	1,95	<0,03	>1	–	–	–	0	0	2
» $2b$...	0,52	>1	0,41	–	–	–	0	3	0,5
» $3a$...	0,44	3,7	0,48	0,35	2,5	2,1	0	2	0,4
» $3b$...	0,76	0,97	0,77	–	–	–	0	1	0,75

Il résulte de ces nombres que les raies 123,5, 128 et 183 sont dues à des

vibrations doublement dégénérées ([2]), les raies 96, 145 et 109 à des vibrations triplement dégénérées.

On voit que pour classer les raies de Raman d'un cristal cubique, il peut suffire de l'étudier dans une seule orientation bien définie, par exemple celle où un axe ternaire coïncide avec la condition d'éclairement (cas 3 *a*).

SPECTROSCOPIE. — *Spectre infrarouge et structure des amides monosubstitués sodés.* Note ([1]) de M. **Henri Lenormant**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Nous avons déjà signalé que les amides monosubstitués présentent entre 6 et 7$^{\mu}$ deux bandes caractéristiques, l'une vers 6$^{\mu}$, l'autre vers 6$^{\mu}$,40 ([2]).

La bande 6$^{\mu}$ semble due à la vibration de valence du groupement C=O dont la fréquence est perturbée par le voisinage de l'azote ([3]).

La bande 6$^{\mu}$,40 paraît bien devoir être interprétée comme la vibration antisymétrique d'une molécule mésomère triangulaire du type $R-C\langle^{O}_{\underset{H}{N}}$ analogue à celle du carboxyl ionisé $\left[R-C\langle^{O}_{O}\right]^{-}$. Cette interprétation implique forcément que la liaison du radical N— substitué à l'azote est du type électrovalent, de telle sorte qu'en première approximation, l'état réel des amides monosubstitués peut être représenté par l'équilibre de deux formes, l'une covalente $R-C\langle^{O}_{\underset{H}{N}}R$, l'autre ionique $\left[R-C\langle^{O}_{\underset{H}{N}}\right]^{-}R^{+}$ ([2]).

Lorsque la fonction amide fait partie intégrante d'une formation cyclique (lactames, dicétopipérazines), seule la bande 6$^{\mu}$ existe, indiquant l'existence d'une seule forme covalente ([3]).

L'hydrogène fixé à l'azote peut être remplacé par le sodium avec formation de dérivés sodés $R-C\langle^{O}_{\underset{Na}{N}}\rangle R'$.

Le spectre de ces corps ne présente pas de bande à 6$^{\mu}$, mais seulement une très

([2]) La raie signalée à 160 cm^{-1} dans le spectre du nitrate de plomb par B. L. Rao (*Proc. Ind. Acad. Science*, A, **14**, 1941, p. 48) est en réalité double et demande une étude plus approfondie.

([1]) Séance du 21 avril 1947.

([2]) H. Lenormant, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 545; **222**, 1946, p. 136; **222**, 1946, p. 1293.

([3]) H. Lenormant, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1133.

forte bande à $6^{\mu},40$ et dans la région au delà de 7^{μ}, entre $7^{\mu},00$ et $7^{\mu},50$ une autre bande bien visible. Ces deux bandes peuvent être attribuées aux vibrations antisymétrique et symétrique du groupement $R-C\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown N\end{smallmatrix}$ (N lié à H).

Les modifications spectrales semblent donc indiquer une ionisation complète du radical N-substitué. Tout se passe comme si la forte tendance ionique du second substituant réagissait sur le caractère de la liaison du premier. Le phénomène s'observe d'une façon plus frappante encore dans le cas des dicétopipérazines qui existent normalement seulement sous la forme covalente et qui donnent des dérivés sodés par simple séjour en milieu alcalin. On observe la disparition progressive de la bande 6^{μ} qui est remplacée par une bande à $6^{\mu},40$.

Cette modification s'accompagne d'une fragilité très grande de la molécule qui se rompt alors très facilement et d'une racémisation quand le carbone N-substitué est dissymétrique.

Cette racémisation s'explique assez bien si l'on considère qu'en raison de l'ionisation d'une des valences, le carbone en question doit être considéré comme tricoordonné et porteur d'une charge positive $\diagup\overset{|}{C}\diagdown$.

Un tel atome est vraisemblablement plan et non dissymétrique.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le nuage de Bikini.* Note de M. **André Debierne.**

J'ai montré, antérieurement aux expériences de Bikini [1], que l'explosion d'une bombe atomique doit être accompagnée de la formation d'une grande masse de gaz nitriques obtenus par combinaison de l'azote et de l'oxygène de l'air, et j'en ai déduit différentes conséquences. Dans les descriptions et les commentaires des expériences de Bikini dont j'ai eu connaissance, aucune allusion n'est faite à la formation de gaz nitriques.

Toutes les publications faites à ce sujet ont été rédigées avec les renseignements fournis par les autorités officielles américaines qui ont gardé secrètes la plupart de leurs observations. Il est cependant nécessaire de faire connaître les éléments les plus importants qui interviennent dans de telles expériences, car ils peuvent avoir des conséquences d'intérêt général.

La formation d'une très grande quantité de gaz nitriques dans l'explosion dans l'air d'une bombe atomique est évidente. L'énergie de la fission d'atome prend la forme cinétique dès la séparation des fragments d'atomes, comme cela est montré dans l'expérience bien connue de M. F. Joliot, et l'on doit admettre en première approximation que la plus grande partie de l'énergie atomique est transformée en chaleur, cédée en un temps très court au milieu environnant. Celui-ci est porté à une température extrêmement élevée, dont les effets ont

(1) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1124.

pu être constatés directement, et nous savons que dans ces conditions il se produit dans l'air du gaz NO, puis NO_2 et enfin NO_3H. (La formation des gaz nitriques me paraît d'ailleurs confirmée par le fait que le nuage de Bikini a été décrit par certains observateurs, comme ayant une teinte rosée ou légèrement rougeâtre, ce qui correspondrait à la présence de vapeurs nitreuses NO_2.)

Les trois effets principaux de la bombe atomique sont donc : les actions mécaniques de destruction dues au souffle et aux ondes de choc de l'explosion, le rayonnement de corps radioactifs produits dans la fission, et la formation des gaz nitriques. Le rayonnement des corps radioactifs est d'abord extrêmement intense et peut correspondre pendant un temps court à celui d'une grande masse de radium. Cependant les corps radioactifs doivent être dispersés par l'explosion dans un très grand volume et l'action de leur rayonnement à la surface du sol peut être beaucoup moins importante qu'on l'imagine.

La quantité de NO_3H qui peut théoriquement être produite par l'explosion d'une bombe de 50^{kg} est de l'ordre de $50\,000^{t}$. Diluée dans l'air dans une proportion de quelques millièmes, elle donnera un mélange gazeux très nocif occupant un volume capable de couvrir une surface de plusieurs centaines de kilomètres carrés sur une épaisseur de plusieurs centaines de mètres. Des effets asphyxiants très importants peuvent donc se produire dans certaines circonstances.

Théoriquement chaque molécule NO_3H peut devenir un centre de condensation susceptible de provoquer la formation d'une gouttelette d'eau plus ou moins grosse suivant l'état de l'atmosphère. Avec une bombe de 50^{kg} il peut être créé suffisamment de centres pour donner une concentration moyenne de 25 millions de centres par centimètre cube d'air dans une couche de 40^{km} de hauteur sur toute la surface de la Terre, et ces centres peuvent persister pendant des années avant d'être éliminés ([2]). (On peut rappeler à ce sujet que l'éruption volcanique du Krakatoa a projeté des poussières dans l'atmosphère, produisant certains effets optiques, accompagnés certainement d'effets météorologiques, qui ont pu être observés pendant plus de trois années, dans des régions réparties sur toute la suface du globe.)

Les centres nitriques dispersés par les courants atmophériques doivent être très inégalement répartis dans l'atmosphère, et il peut exister des régions où leur concentration locale est beaucoup plus grande que la concentration moyenne déjà considérable. Cette accumulation de centres de condensation en certaines régions et sous certaines circonstances peut évidemment être la cause de phénoménes météorologiques exceptionnels. Un effet moyen d'ensemble peut aussi être envisagé (sécheresse relative, ciel voilé, brumes abondantes, diminution du rayonnement solaire utilisable).

En conclusion, je pense que lorsque les phénomènes météorologiques se

---

([2]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1352.

présentent d'une manière anormale pendant des périodes plus ou moins longues, que des effets exceptionnels ou inattendus sont observés, il est naturel et raisonnable de supposer que les centres nitriques sont plus ou moins responsables. Ces considérations devraient intervenir dans les projets d'expériences sur la bombe atomique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la détermination de l'ordre de quelques réactions chimiques hétérogènes.* Note (¹) de MM. **Robert Stumper** et **Frédéric Classen**, présentée par M. Louis Hackspill.

Au cours de nos recherches sur la cinétique et la catalyse d'un certain nombre de réactions chimiques hétérogènes, nous avons déterminé l'ordre de ces réactions par les méthodes classiques : 1° le calcul des constantes cinétiques; 2° la méthode d'isolement d'Ostwald; 3° la mesure des durées de demi-réactions, et 4° la méthode différentielle de Van't Hoff. Ces deux derniers procédés exigent la mise en œuvre d'au moins deux séries d'expériences, à concentrations initiales différentes de la substance dont on veut suivre la marche réactionnelle, ce qui n'est pas possible dans bien des cas. La méthode de Van't Hoff, basée sur la comparaison des vitesses initiales, reste souvent en défaut par suite de l'impossibilité de mesurer exactement cette vitesse, devant être prise au moment où elle est à son maximum. D'autre part elle ne peut être appliquée aux réactions à période d'induction. Nous avons modifié cette méthode, en lui enlevant son caractère d'incertitude et en l'appliquant même à une seule expérience.

En effet la détermination directe de l'ordre n d'une réaction à partir de l'équation générale

$$-\frac{dc}{dt} = k.c^n$$

est possible si on l'effectue à intervalles réguliers pendant l'évolution du système réactionnel, de préférence dans la partie médiane de la courbe afférente. On obtient ainsi les valeurs successives des concentrations Δc, $\Delta c'$, ..., pour des variations correspondantes du temps Δt. L'ordre n s'obtient par la formule

$$n = \frac{\log\frac{\Delta c}{\Delta t} - \log\frac{\Delta c'}{\Delta t}}{\log c - \log c'}.$$

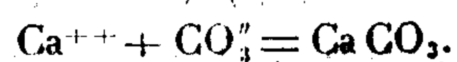
Cette méthode nous renseigne sur l'ordre moyen de la réaction étudiée et ensuite sur ses variations au cours de la progression de cette réaction. Nous avons appliqué cette méthode avec succès à différentes réactions, même hétérogènes, et nous donnons dans le tableau ci-contre quelques exemples.

(¹) Séance du 14 avril 1947.

Réaction.	Ordre de réaction. a. Durée de demi-réaction.	b. Méthode différentielle modifiée.	Constante de vitesse.
1	non dét.	1,10	$k_1 = 0,0231$
2	1,06	1,01	$k_1 = 0,0262$
3	1,85	2,03	$k_2 = 0,1414$
4	–	2,02	$k_2 = 0,00232$
5	2,12	1,99	$k_2 = 0,1078$
6	2,00	2,17	$k_2 = 0,1860$
7	2,00	2,16	$k_2 = 0,2362$
8	2,00	2,05	$k_2 = 0,2986$
9	2,47	1,93	$k_2 = 0,0749$
10	2,00	2,04	$k_2 = 0,1357$
11	2,01	2,13	$k_2 = 0,00104$
12	3,50	3,09	$k_3 = 0,00278$

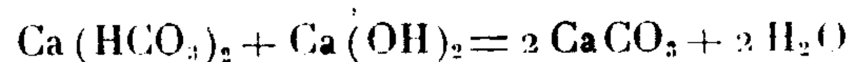
Réactions. — 1° Dissociation therm. $2ZrO_2.P_2O_5.SO_3$ à 1000°C. 2° Dissoc. therm. de $NaHCO_3$, sol. aq. $c_0 = 0,02\,n$ à 100°. 3° Dissoc. therm. de $Ca(HCO_3)_2$ sol. aq. $c_0 = 0,01\,n$ à 100°. 4° Dissoc. de $Ca(HCO_3)_2$ p. élim. de CO_2, sol. aq. $c_0 = 0,01\,n$ à 20° par cour. d'air en présence de $CaCO_3$ catalys. 5° Dissoc. therm. de $Ca(HCO_3)_2$ sol. aq. $c_0 = 0,005\,n$ à 100°. 6° Dissoc. therm. de $Ca(HCO_3)_2$ sol. aq. $c_0 = 0,005\,n$ à 100° (sous cour. d'air). 7° Dissoc. therm. de $Sr(HCO_3)_2$ sol. aq. $c_0 = 0,005\,n$ à 100°. 8° Dissoc. therm. de $Sr(HCO_3)_2$ sol. aq. $c_0 = 0,005\,n$ à 100° (sous cour. d'air). 9° Dissoç. therm. de $Ba(HCO_3)_2$ sol. aq. $c_0 = 0,005\,n$ à 100°. 10° Dissoc. therm. de $Ba(HCO_3)_2$ sol. aq. $c_0 = 0,005\,n$ à 100° (sous cour. d'air). 11° $Ca^{++} + CO_3'' = CaCO_3$, mélange équimoléculaire sol. $0,0052\,n$ à 20°. 12° $Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O$ sol. aq. mélange équimolécul. sol. $0,00275\,n$ à 20°. (*Remarque* : c_0 = concentration initiale.)

D'après ces résultats la dissociation thermique de $ZrO_2.P_2O_5.SO_3$ solide et de $NaHCO_3$ en solution aqueuse est du premier ordre. Les dissociations de $Ca(HCO_3)_2$, $Sr(HCO_3)_2$ et $Ba(HCO_3)_2$ en solution aqueuse sont, vis-à-vis de HCO_3', du deuxième ordre, à condition que la décomposition correspondante des ions HCO_3' reste le processus le plus lent, ce qui n'est pas toujours le cas. La précipitation de l'ion Ca^{++} par l'anion CO_3'' est, aux concentrations équimoléculaires, également du deuxième ordre, suivant la réaction



$$Ca^{++} + CO_3'' = CaCO_3.$$

Par contre, la réaction, en solution aqueuse



$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2\,CaCO_3 + 2\,H_2O$$

est, aux concentrations équimoléculaires, du troisième ordre, ce qui permet d'interpréter la précipitation de la dureté temporaire des eaux par la chaux par l'équation

$$Ca^{++} + HCO_3' + OH' = CaCO_3 + H_2O.$$

Dans l'étude cinétique de cette réaction on doit évidemment tabler sur les

concentrations globales de Ca^{++} (= concentration des ions Ca^{++} due au bicarbonate plus celle apportée par la chaux).

Ces quelques exemples suffisent pour montrer l'utilité de la détermination de l'ordre de réaction, appliquée aux réactions hétérogènes.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur des variations de la vitesse de détonation des mélanges gazeux combustibles.* Note (¹) de MM. **Henri Guénoche** et **Paul Laffitte**, présentée par M. Paul Pascal.

Depuis les travaux de Berthelot et Vieille, Mallard et Le Chatelier, H. B. Dixon (²), etc., il est admis que la vitesse de l'onde explosive dans un mélange gazeux de nature et de composition déterminées est non seulement indépendante de la nature des parois, mais aussi du diamètre du tube dans lequel elle se propage, de sorte qu'elle est considérée comme une caractéristique du mélange. Or, récemment, K. Shchelkin (³) a signalé qu'en disposant un fil métallique enroulé en spirale contre la paroi interne du tube, on réduisait notablement la vitesse de détonation dans le cas des mélanges hydrogène-oxygène, éthane-oxygène et éthylène-oxygène.

Nous avons fait une étude systématique de ce phénomène de manière à mettre en évidence les facteurs dont il dépend. A l'intérieur d'un tube en pyrex, et sur une fraction seulement de sa longueur, était disposé contre la paroi un fil cylindrique d'aluminium enroulé en spirale. Les enregistrements obtenus à l'aide de la méthode chronophotographique de Mallard et Le Chatelier, présentent une première portion rectiligne correspondant à la propagation de la détonation dans la première partie du tube. Elle est suivie d'une seconde partie, également rectiligne, mais faisant un angle avec la première; elle correspond à une détonation se propageant dans la partie du tube où est disposée la spirale métallique, mais à une vitesse bien inférieure à celle de la première partie du tube. Certains résultats numériques obtenus avec des mélanges acétylène-oxygène, propane-oxygène et gaz de ville-oxygène sont rassemblés dans les tableaux suivants dans lesquels d (mm) désigne le diamètre du tube de verre, n le nombre de spires par centimètre, e (mm) le diamètre du fil métallique, D (m/sec) la vitesse de détonation dans la première partie du tube, V (m/sec) la vitesse de détonation dans la partie comprenant la spirale métallique et r le rapport V/D.

(¹) Séance du 21 avril 1947.

(²) Berthelot et Vieille, *Sur la force des matières explosives*, Paris, 1883; Mallard et Le Chatelier, *Ann. Mines*, **4**, 1883, p. 274; H. B. Dixon, *Trans. Roy. Soc.*, **184**, 1893, p. 97 ; **200**, 1903, p. 315.

(³) *Acta Physicochimica U. R. S. S.*, **20**, 1945, p. 303.

1. *Mélange* $2C_2H_2 + O_2$; $d = 7$; $e = 2$; $D = 2370$.

n.......	1.	1,2.	1,5.	1,7.	2.	3.	4.
V........	1878	1161	924	924	900	853	1066
r.........	0,78	0,49	0,39	0,39	0,38	0,36	0,45

2. *Mélange* $2C_2H_2 + O_2$; $e = 1$; $D = 2370$.

	$d = 7$.						$d = 9$.					
n...	1,2.	1,8.	3,0.	4,5.	5,0.	6,5.	1.	2,5.	3.	3,8.	4,9.	6,0.
V.....	2014	1659	1375	1256	1209	1373	1991	1872	1683	1541	1469	1541
r.....	0,85	0,70	0,58	0,53	0,51	0,58	0,84	0,79	0,71	0,65	0,62	0,65

3. *Mélange gaz de ville* (31,2 %)—*Oxygène*; $d = 9$; $e = 2$; $D = 2020$.

n.....	1.	1,3.	2,5.	3.	4.
V.........	1620	1052	1034	952	1055
r.........	0,80	0,52	0,46	0,48	0,52

4. *Mélange* C_3H_8 (32,2 %)—O_2; $D = 2605$.

	$d = 9$; $e = 1$.		$d = 7$; $e = 2$.
n........	3.	4,7.	1.
V............	1596	1080	1720
r.............	0,61	0,41	0,66

De ces résultats on déduit les conclusions suivantes : 1° pour un mélange donné les courbes $r = f(n)$ présentent un minimum qui a lieu lorsque l'intervalle séparant deux spires consécutives est sensiblement égal à l'épaisseur e du fil. Ce minimum s'étale lorsque le rapport e/d augmente; 2° pour un diamètre du tube et un pas de la spirale donnés, la vitesse de détonation est d'autant plus faible que le fil est plus gros; 3° pour une épaisseur et un pas constants du fil métallique, la vitesse de détonation est d'autant plus élevée que le diamètre du tube est plus grand.

D'autres enregistrements ont permis de mettre en évidence les faits suivants : 1° les paramètres géométriques étant constants, la variation de vitesse dépend de la composition du mélange étudié; 2° les enregistrements photographiques présentent fréquemment des stries dans la partie du tube comprenant le fil métallique et ils ont l'aspect sinusoïdal des ondes *hélicoïdales*; 3° si l'on amorce l'inflammation dans la partie du tube où se trouve le fil métallique, la période de prédétonation est raccourcie comme cela a lieu avec une rugosité quelconque ([1]).

Dans certains cas, la vitesse de détonation est abaissée à des valeurs bien inférieures à toutes celles mesurées jusqu'ici et l'on peut se demander si l'on a bien affaire à une véritable détonation. Il semble qu'il en soit ainsi, car sa

([1]) P. LAFFITTE, *Ann. Phys.*, 4, 1925, p. 587.

vitesse est bien constante sur la longueur où on la mesure (40 à 50cm). Cependant l'aspect strié des photographies permet de supposer qu'il s'agit d'un phénomène peu stable, comme dans les ondes *hélicoïdales* [5].

On peut enfin signaler que le dispositif précédent n'est pas le seul qui puisse abaisser la vitesse de détonation des mélanges gazeux. C'est ainsi qu'on obtient des résultats analogues en plaçant une tige métallique filetée à l'intérieur du tube où se propage le phénomène explosif.

CHIMIE MINÉRALE. — *Le dosage électrolytique du thallium.* Note de M. **Jean Besson**, présentée par M. Louis Hackspill.

De nombreuses méthodes ont été proposées pour le dosage électrolytique du thallium [1]. Classen a conseillé la précipitation à l'état métallique par électrolyse d'un oxalate double d'ammonium et de thallium; mais le dépôt est extrêmement oxydable et ne peut guère être pesé. Les différents artifices tentés pour remédier à cet inconvénient (dépôt d'une couche protectrice de zinc sur le thallium, mesure du volume d'hydrogène dégagé par dissolution du thallium électrolytique dans un acide) ne sont pas satisfaisants. Au contraire, le dépôt à l'anode sous forme d'oxyde est à la fois plus simple et plus exact. Pour l'obtenir, Heiberg [2] électrolyse une solution sulfurique étendue de sulfate thalleux en présence d'acétone, tandis que Gallo et Cenni [3] utilisent une solution oxalique du même sel. Le dépôt est adhérent et peut être facilement desséché et pesé. La difficulté provient ici du désaccord sur la formule du peroxyde ainsi déposé, c'est-à-dire sur le facteur de réduction à utiliser. Tandis que Heiberg pensait avoir affaire au sesquioxyde normal Tl_2O_3 ($Tl/Tl_2O_3 = 0,895$), Gallo et Cenni ont cru pouvoir déduire de l'analyse chimique qu'il s'agissait de l'oxyde Tl_3O_5 ($Tl/Tl_3O_5 = 0,884$). Centnerszwer et Trebaczkiewicz [4] y voient un bioxyde TlO_2 ($Tl/TlO_2 = 0,864$), mais Gutbier et Dieterle [5], étudiant le même dépôt électrolytique, montrent qu'il ne contient pas d'oxyde supérieur à Tl_2O_3 et que l'erreur pourrait provenir de l'adsorption de SO_3^{--} en quantité notable (1 %). Reprenant d'ailleurs le mode opératoire de chacun des auteurs cités plus haut, j'ai souvent constaté qu'une partie du thallium était perdue sous forme de dépôt métallique à la cathode. Le procédé est donc à rejeter définitivement pour un dosage précis.

---

(5) Voir à ce sujet, P. Laffitte, *IIe Congrès mondial du Pétrole*, Paris, 1937, p. 738; N. Manson, *Thèses*, Paris, 1945.

(1) Rüdisüle, *Nachweiss, Bestimmung und Trennung der chemischen Elemente*, Band VI, Bern (1923).

(2) *Z. für Anorg. Chemie*, 35, 1903, p. 347.

(3) *Atti Accad. Lincei*, 17, (5), 1908, p. 276.

(4) *Zeits. f. Phys. Chemie*, A, 165, 1933, p. 367.

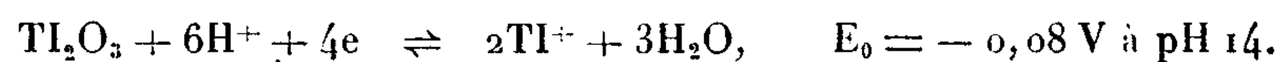
(5) *Zeits. f. Elektrochemie*, 29, 1923, p. 457.

Mais la nature de l'oxyde de thallium déposé à l'anode par électrolyse d'une solution acide de sel thalleux reste à déterminer.

La difficulté provient du poids atomique élevé du thallium (204,4), une faible différence de composition centésimale séparant seule deux oxydes tels que Tl_2O_3 et TlO_2. La méthode de réduction électrochimique de Rollet, décrite précédemment [6], est particuliérement indiquée dans un cas pareil. En effet, à condition d'utiliser des courants de décharge assez faibles, la réduction des oxydes est quantitative, aucun gaz ne se dégageant sur l'électrode. Les quantités d'électricité traversant la cellule, c'est-à-dire les aires limitées par chaque palier, sont donc proportionnelles aux quantités d'oxygène libéré par le passage d'un oxyde au suivant, et l'identification d'un palier entraîne celle de tous les autres.

Or la décharge à pH 14 de l'oxyde à étudier fournit une courbe à trois paliers très nets. Tant que dure le palier supérieur, l'anode est recouverte de la couche brune de cet oxyde. Le long du palier inférieur le thallium métallique est déposé et l'hydrogène se dégage. Le palier intermédiaire n'apparaît que pour des densités de courant assez faible, phénomène déjà constaté dans le cas du nickel, et correspond à la formation d'un composé soluble. Son potentiel normal est de — 0,33 volt environ, c'est-à-dire précisément celui donné dans les tables pour l'équilibre $Tl^{+} + e \rightleftharpoons Tl$. D'autres observations confirment qu'il faut bien attribuer à cet équilibre le palier observé : en particulier, si, après décharge complète, on laisse la cellule au repos pendant 24 heures, on constate que le potentiel est remonté à la valeur du palier intermédiaire, ce qui provient de l'oxydation du thallium déposé sur l'électrode et de sa redissolution à l'état de $TlOH$. On obtient d'ailleurs le même résultat en ajoutant une solution de sel thalleux au contenu du compartiment anodique.

Le rapport des aires limitées par les deux premiers paliers est très exactement de 2. Il en résulte que le palier supérieur correspond à l'équilibre de réduction du sesquioxyde Tl_2O_3 :



$$Tl_2O_3 + 6H^{+} + 4e \rightleftharpoons 2Tl^{+} + 3H_2O, \qquad E_0 = -0,08\ V \text{ à pH } 14.$$

En résumé, le peroxyde de thallium déposé à l'anode par électrolyse d'une solution nitrique de sel thalleux n'est autre que le sesquioxyde normal Tl_2O_3 et non un bioxyde TlO_2 ou un oxyde intermédiaire Tl_3O_5. Mais on ne peut se servir de ce dépôt pour le dosage du métal, car il est difficile de l'obtenir quantitativement. L'application de la méthode de réduction électrochimique au cas du thallium montre, en outre, que celle-ci reste valable même quand l'un des degrés d'oxydation du métal correspond à un composé soluble.

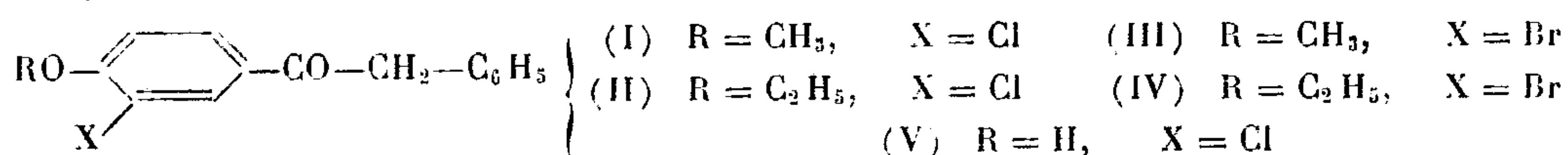
---

(6) BESSON, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 28.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses à partir des anisols et des phénétols ortho-halogénés.* Note de MM. **Nguyen-Hoán** et **Buû-Hoï**.

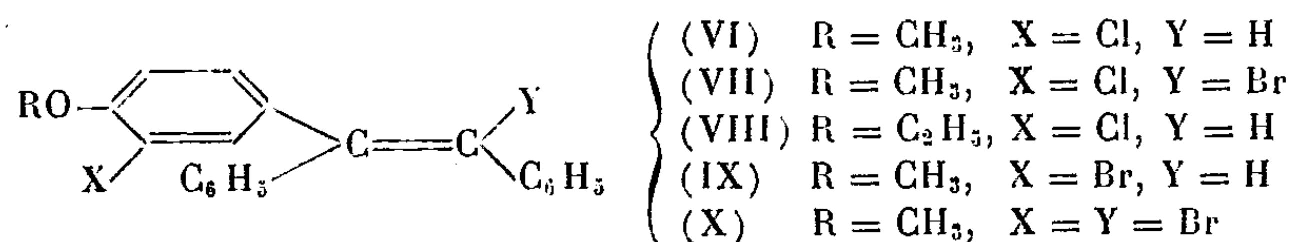
Si les propriétés chimiques de l'anisol et du phénétol sont assez bien connues, il n'en est pas de même de leurs dérivés halogénés. Le présent travail se propose de combler en partie cette lacune : il est consacré à la synthèse de quelques composés nouveaux à partir de l'*o*-chloranisol, de l'*o*-bromanisol, de l'*o*-chlorophénétol et de l'*o*-bromophénétol. Ces dérivés sont destinés à des études physiologiques.

a. Réactions de Friedel-Crafts avec le chlorure de phénacétyle. — Il a été obtenu : le *phénacétyl-4 chloro-3 anisol* (I), F 120° [dans cette réaction, il se forme également du *phénacétyl-4 chloro-3 phénol* (V) fondant à 178°], le *phénacétyl-4 bromo-3 anisol* (III), F 123°; le *phénacétyl-4 chloro-3 phénétol* (II), F 87°, et le *phénacétyl-4 bromo-3 phénétol* (IV), F 85°.



La réaction avec l'isatine, selon Pfitzinger, donne l'*acide (chloro-3′ anisyl)-2 phényl-3 cinchoninique* $C_{23}H_{16}O_3NCl$, F 315° (décomp.) à partir de la cétone (I), et l'*acide (bromo-3′ anisyl)-2 phényl-3 cinchoninique* $C_{23}H_{16}O_3NBr$, F 310° (décomp.) à partir de la cétone (III). Ce dernier acide peut être décarboxylé en *(bromo-3′ anisyl)-2 phényl-3 quinoléine* $C_{22}H_{16}ONBr$, F 114° dont le picrate fond vers 230° (décomp.).

b. L'action du bromure de phénylmagnésium sur les désoxybenzoïnes précitées (I) à (IV), suivie de la déshydratation formique des alcools tertiaires obtenus ainsi, conduit à des *triaryléthylènes*.

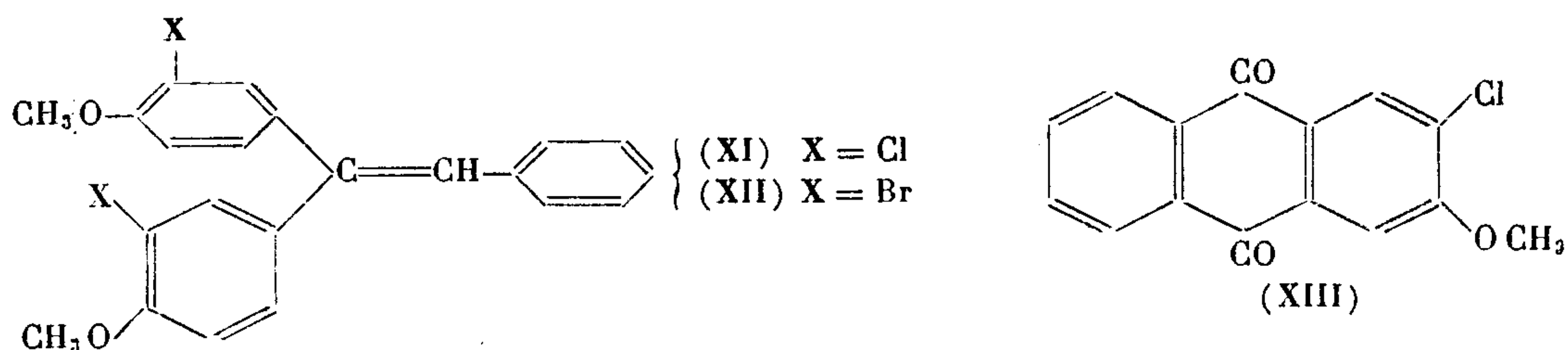


A partir de la cétone (I), on a préparé l'*α.β-diphényl-β-(chloro-3 anisyl)-éthylène* (VI), F 140°, qui peut être bromé en *α-bromo-α.β-diphényl-β (chloro-3 anisyl)-éthylène* (VII), F 131°; la cétone (II) conduit à l'*α.β-diphényl-β (chloro-3 phénétyl)-éthylène* (VIII), F 93°; la cétone (III) permet d'obtenir l'*α.β-diphényl-β (bromo-3 anisyl)-éthylène* (IX), F 140°, qui, traitée par le brome, fournit l'*α-bromo-α.β-diphényl-β (bromo-3 anisyl)-éthylène* (X), F 110°. L'action du bromure d'α-naphtylmagnésium sur la cétone (III) conduit à l'*α-phényl-β (α′-naphtyl)-β (bromo-3 anisyl)-éthylène* $(\alpha.C_{10}H_7)[C_6H_3Br(OCH_3)]C{=}CH{-}C_6H_5$, F vers 111°.

c. La réaction anormale de L. Gattermann [1] entre le chlorure de phéna-

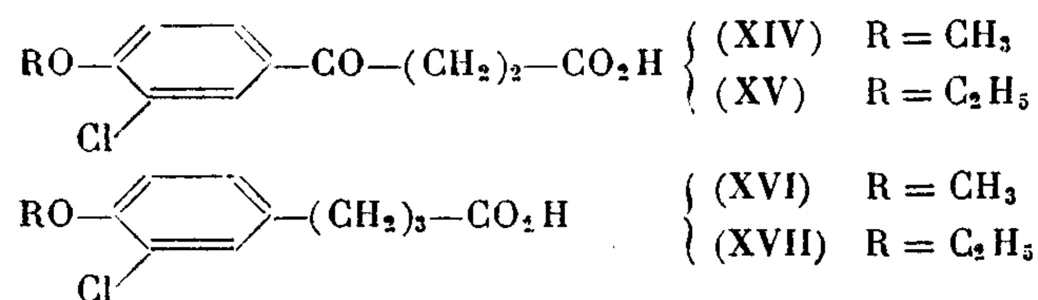
[1] *Ber. deutsch. Chem. Ges.*, **22**, 1889, p. 1130.

cétyle et l'*o*-chloranisol en présence de Cl_3Al en excès conduit à l'*α-phényl-β.β-bis (chloro-3 anisyl)-éthylène* (XI), F 106°; avec l'*o*-bromanisol, on obtient l'*α-phényl-β.β-bis (bromo-3 anisyl)-éthylène* (XII), F 115°.

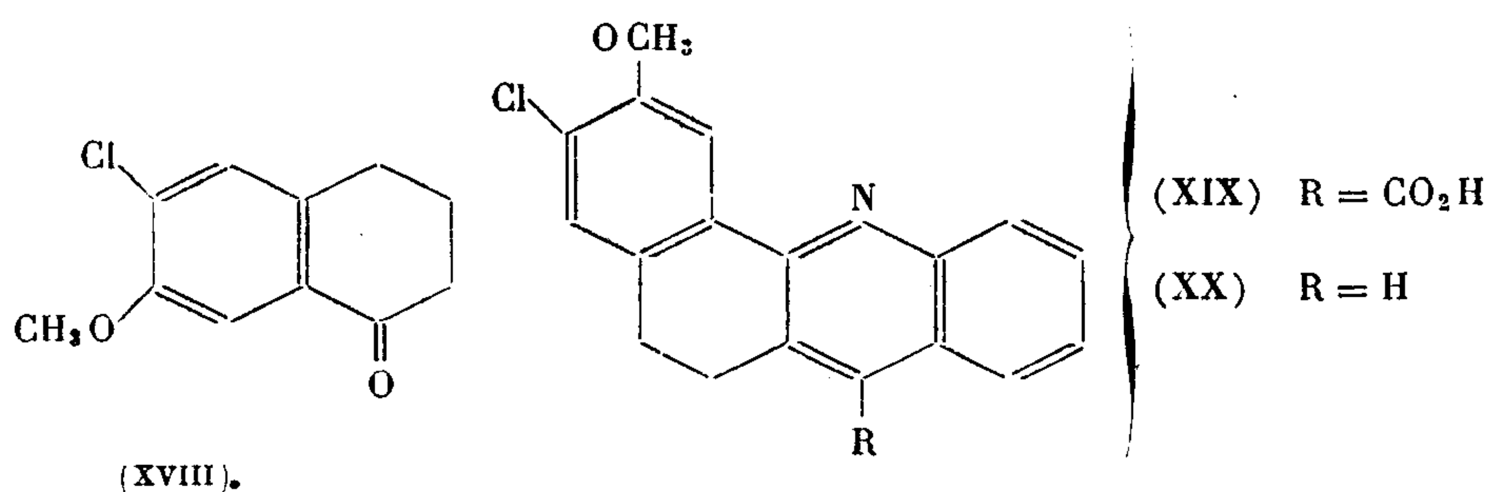


d. La réaction de Friedel-Crafts entre l'*o*-chloranisol et l'anhydride phtalique conduit à l'*acide (chloro-3 anisoyl)-2 benzoïque* $C_{15}H_{11}O_4Cl$, F 168°, cyclisable par le chlorure de benzoyle en *méthoxy-2 chloro-3 anthraquinone* (XIII), F 245°.

e. La réaction de Friedel-Crafts entre l'anhydride succinique et l'*o*-chloranisol ou l'*o*-chlorophénétol conduit aux *acides β (chloro-3 anisoyl)-propionique* (XIV), F 189°, et *β (chloro-3 phénétoyl)-propionique* (XV), F 184°, lesquels sont réduits selon Clemmensen en *acides γ (chloro-3 anisyl)-butyrique* (XVI), F 53°, et *γ (chloro-3 phénétyl)-butyrique* (XVII), (liquide $É_{1,5}$ 210-220°).



f. La cyclisation (par Cl_3Al) du chlorure de l'acide (XVI) conduit à la *chloro -6 méthoxy-7 tétralone-1* (XVIII), F 104°. La réaction de cette cétone sur l'isatine selon Pfitzinger fournit la *chloro-3′ méthoxy-2′ carboxy-10 dihydro-3.4 benzo-1.2 acridine* (XIX), F 268°, décarboxylable en *chloro-3′ méthoxy-2′ dihydro-3.4 benzo-1.2 acridine* (XX), F 151°, dont le picrate fond à 250° (décomp.).



Tous ces corps seront décrits en détail dans la thèse de l'un de nous (N. H.).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quelques réactions d'oxydation en série alicylique*. Note ([1]) de MM. **Max Mousseron**, **Robert Jacquier** et **François Winternitz**, présentée par M. Marcel Delépine.

I. Oxydations par l'anhydride sélénieux. — *Chloro-1 cyclohexène*. — L'oxydation, réalisée selon la technique de Guillemonat ([2]), conduit à un acétate $É_{15}$ 107-8°, d_{25}^{25} 1,168; n_D^{25} 1,4805, saponifié en un alcool $É_{15}$ 86-7°, d_{25}^{25} 1,184; n_D^{25} 1,5066, qui a été identifié comme étant le chloro-2 cyclohexène-2 ol-1 par son oxydation sulfochromique en chloro-2 cyclohexène-2 one-1 F 70° sem. carb., F 195-8° déc. ([3]).

Chloro-1 cyclopentène. — Réalisée par une méthode différente ([4]), l'oxydation permet d'isoler un acétate $É_{18}$ 85-7°, d_{25}^{25} 1,160; n_D^{25} 1,4749, saponifié en un alcool $É_{18}$ 70-2°, d_{25}^{25} 1,179; n_D^{25} 1,4890; l'oxydation sulfochromique de ce dernier conduit à la chloro-1 cyclopentène-1 one-3 sem. carb. F 235-7° déc. ([3]).

Méthyl-1 chloro-3 cyclohexène-3. — On obtient un acétate $É_{15}$ 120° saponifié en un alcool $É_{20}$ 98-9°, d_{25}^{25} 1,104; n_D^{25} 1,4928, dont l'oxydation sulfochromique donne la méthyl-1 chloro-3 cyclohexène-3 one-2 $É_{20}$ 105-6°, d_{25}^{25} 1,136; n_D^{25} 1,4990 sem. carb. F 188°. L'hydrogénation en présence de noir de palladium donne la méthyl-1 chloro-3 cyclohexanone-2 $É_{15}$ 95° identifiée, comme dans un travail antérieur ([3]), par action du méthylate de sodium.

Chloro-1 cyclohexène-2 ([5]). — L'oxydation, assez faible, conduit à de petites quantités d'un ester $É_{15}$ 105°, d_{25}^{25} 1,203; n_D^{25} 1,5107, qui est probablement l'acétate du chloro-1 cyclohexène-2 ol-4.

Méthène-cyclohexane. — Il donne avec un bon rendement un acétate $É_{15}$ 85° saponifié en méthène-2 cyclohexanol (phényluréthane F 61°).

Méthyl-1 cyclohexène-3 actif. — L'oxydation du produit racémique avait déjà été étudiée ([2]). Elle se produit de part et d'autre de la double liaison, mais avec formation prépondérante du méthyl-1 cyclohexène-3 ol-5. Le méthyl-1 cyclohexène-2 ol-4, signalé par Guillemonat, provient vraisemblablement de l'oxydation du méthyl-1 cyclohexène-2 qui peut souiller le carbure initial.

Après oxydation sulfochromique du mélange d'alcools et hydrogénation catalytique en présence de noir de palladium, on obtient d'une part la méthyl-2 cyclohexanone active : semicarbazone F 190-1°, $(\alpha)_{546}$ + 6°,2 (c : 0,6 % dans l'éthanol), d'autre part la méthyl-3 cyclohexanone active $(\alpha)_{546}$ — 10°,5 partiellement racémisée.

([1]) Séance du 21 avril 1947.

([2]) *Annales de Chimie*, 11e série, **11**, 1939, p. 143.

([3]) Mousseron, Winternitz et Jacquier, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1062.

([4]) Dane, Schmitt et Rautenstrauch, *Ann. der Chem.*, **532**, 1937, p. 29.

([5]) Courtot et Pierron, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **45**, 1929, p. 289.

Diméthyl-1.3 cyclohexène-3 actif. — On isole un acétate $É_{15}$ 95° saponifié en un alcool $É_{15}$ 84° identifié par oxydation sulfochromique en diméthyl-1.3 cyclohexène-3 one-2 $É_{14}$ 82°, d_{25}^{25} 0,961, n_D^{25} 1,4739; semicarbazone : F 165°, $(\alpha)_{546}$ — 46°,6 (c : 0,6 % dans le méthanol).

L'hydrogénation catalytique conduit à la diméthyl-1.3 cyclohexanone-2 active $É_{15}$ 80°, d_{25}^{25} 0,915, $(\alpha)_{546}$ — 4°,7; semicarbazone : F 215-6° (méthanol) en instantané, F 197-8° en tube capillaire, $(\alpha)_{546}$ + 28°,0 (c : 0,45 % dans un mélange en parties égales de méthanol et de benzène). La semicarbazone isolée correspond donc à un produit de structure *trans*. La cétone qui en est régénérée conduit à un mélange des oximes *cis* et *trans*, ce qui confirme les résultats de Cornubert et de ses collaborateurs ([6]).

II. Oxydation par l'anhydride chromique. — *Chloro-1 cyclohexène.* — L'oxydation nous a principalement conduits à la chloro-1 cyclohexène-1 one-3 à côté d'une faible quantité de chloro-1 cyclohexène-1 one-6, résultat identique à celui qui a été obtenu dans le cas du méthyl-1 cyclohexène ([7]).

III. Oxydations par le tétracétate de plomb. — Nous avons utilisé le mode opératoire de Criegee ([8]). En raison des faibles rendements, l'étude des produits secondaires de l'oxydation n'a pas été poursuivie.

Méthyl-1 cyclohexène. — Par saponification de l'acétate $É_{20}$ 88-90° et oxydation sulfochromique de l'alcool $É_{15}$ 73-5° intermédiairement isolé, nous avons obtenu un mélange en proportions sensiblement égales de méthyl-1 cyclohexène-1 one-3 (sem. carb. F 200°) et de méthyl-1 cyclohexène-1 one-6 (sem. carb. F 210°).

Chloro-1 cyclohexène. — La même suite de réactions nous a conduits à la chloro-1 cyclohexène-1 one-3 à côté de faibles quantités de chloro-1 cyclohexène-1 one-6.

Chloro-1 cyclopentène. — Comme pour son homologue supérieur, l'oxydation porte presque exclusivement en β de la substitution avec formation de la chloro-1 cyclopentène-1 one-3.

Méthène-cyclohexane. — L'oxydation donne principalement un diacétate $É_{12}$ 125° saponifié en méthylol-1 cyclohexanol F 76-77°. Il se forme également une faible quantité d'acétate d'énol du méthylal-cyclohexane $É_{15}$ 70-72° identifié par saponification en aldéhyde sem. carb. F 170°.

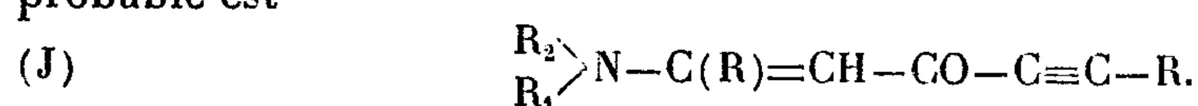
([6]) Cornubert, Anziani, André, de Demo, Joly et Robinet, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **12**, 1945, p. 367.

([7]) Whitmore et Pedlow, *J. amer. chem. Soc.*, **63**, 1941, p. 758.

([8]) *Ann. der Chem.*, **481**, 1930, p. 263.

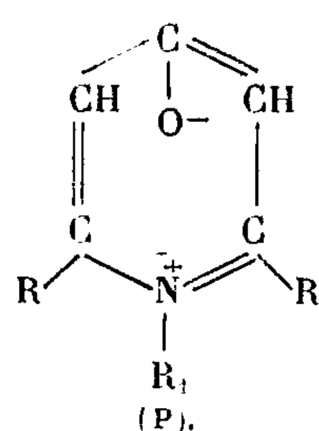
CHIMIE ORGANIQUE. — *Interprétation théorique de l'action des amines sur les cétones α.α'-diacétyléniques.* Note ([1]) de M. **Charles Prévost** et Mlle **Janine Chauvelier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une précédente Note ([2]), l'un de nous a montré que les amines non tertiaires s'unissent aux cétones R—C≡C—CO—C≡C—R, engendrant des composés généralement jaunes (J), dont la formule de structure la plus probable est

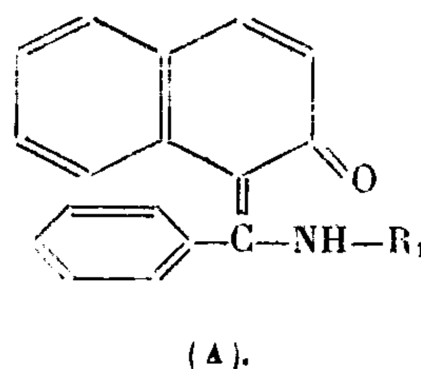


Si l'amine est secondaire ($R_1 \neq H \neq R_2$), ces composés sont thermiquement stables; sinon ($R_2 = H$), ils s'isomérisent par chauffage vers 150°.

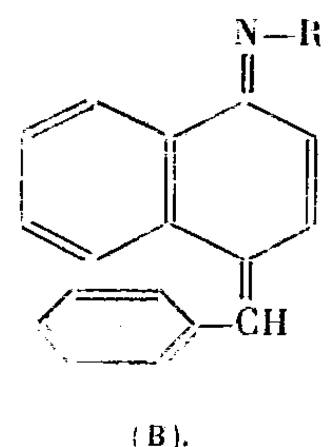
Si R est un radical aliphatique, l'isomérisation conduit quantitativement à une γ-pyridone (P); si R est un radical phényle, il se fait concurremment un corps coloré.



(P).

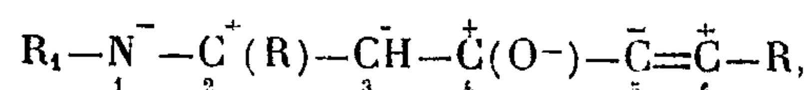


(A).



(B).

Pour rendre compte du fait que les dérivés d'amines secondaires ne se transposent pas, nous envisagerons que les transpositions mettent en jeu un ion multipolaire d'activation très élevée, rendu possible par l'ionisation de H. Si R n'est pas aromatique, cet ion est



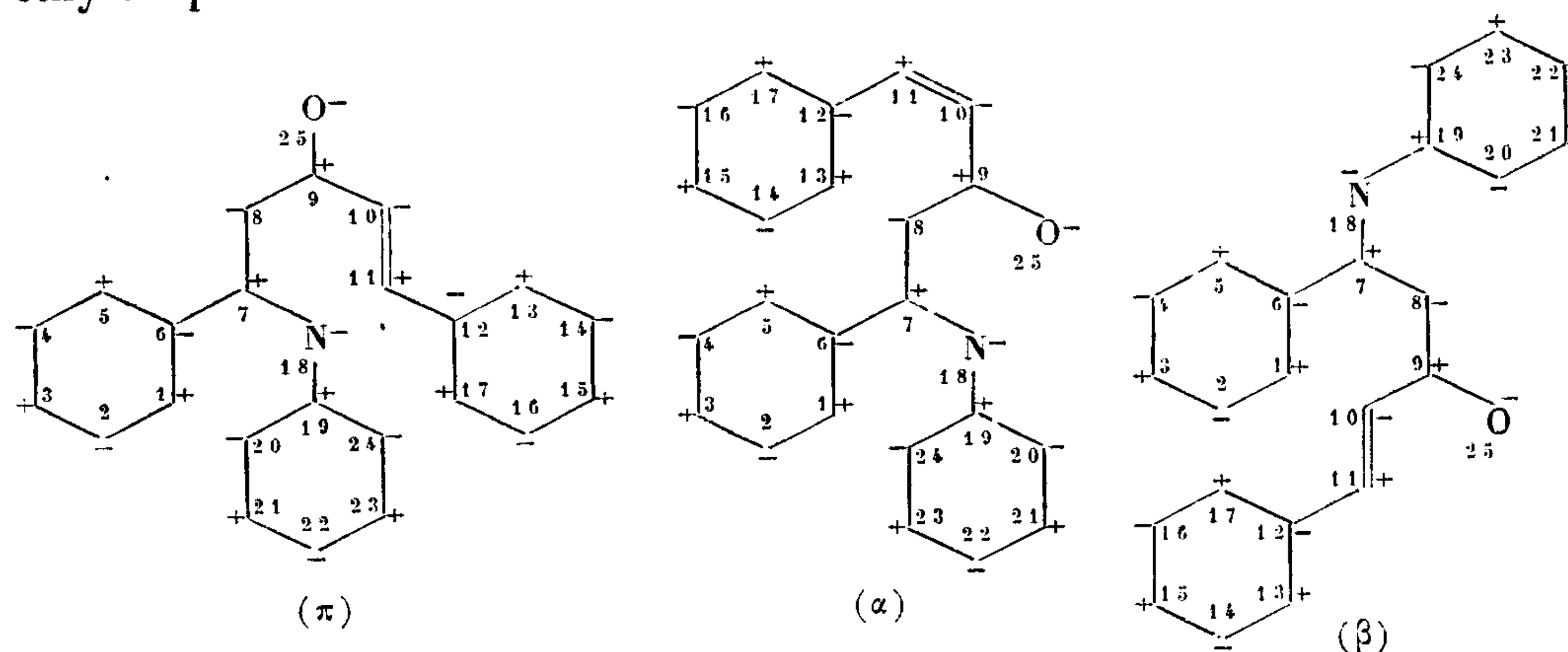
dont la seule désactivation possible, la neutralisation des pôles 1 et 6, conduit finalement à la pyridone (P); mais si R et R_1 sont C_6H_5, l'activation devient plus élevée, et la formule plane de l'ion ne nous renseigne qu'imparfaitement sur les possibilités de réarrangement.

Nous avons alors pensé que la formation d'ions multipolaires nécessite une mésomérie élevée et, d'après le principe de planéité, que seuls devaient être envisagés les ions plans. Il n'en existe qu'un petit nombre, qui se ramènent d'ailleurs pratiquement à l'un des trois types ci-dessus, se distinguant par des

([1]) Séance du 31 mars 1947.

([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 476.

rotations conformes au principe de la liaison mobile et par l'isomérie *cis-trans* éthylénique.



La désactivation de l'ion (π) ne peut conduire qu'à la pyridone (P) (neutralisation des pôles 11 et 18); celle de l'ion (α) à un composé de structure ortho-naphto-quinonique (A) (neutralisation des pôles 8 et 13) et celle de l'ion (β) à un composé de structure para-naphto-quinonique (B) (neutralisation des pôles 1 et 10). Nous avons pensé que les corps colorés formés à côté des pyridones avaient l'une des formules A ou B; de fait leur oxydation permanganique fournit de l'acide orthophtalique, de l'acide benzoïque, un benzamide et du nitrobenzène, mais ces produits sont compatibles avec les deux structures, et il n'est pas possible de discriminer à coup sûr entre elles.

Un fait cependant est certain : l'introduction d'un substituant en position 20 entrave la planéité de l'ion (π); il faut deux substituants, l'un en 20, l'autre en 24, pour entraver la planéité de l'ion (α), alors que l'ion (β) peut, dans les deux cas, rester plan.

Or, si l'amine condensée est l'orthotoluidine ou l'α-naphtylamine, le rendement en pyridone diminue nettement au profit du rendement en corps coloré, alors qu'il est pratiquement inchangé lorsqu'on remplace l'aniline par la paratoluidine ou la β-naphtylamine.

Si notre façon de voir est exacte, le corps coloré dérivé de la mésidine aurait la constitution (B), celui dérivé des autres amines ayant l'une des constitutions (A) ou (B); or, tous les corps colorés sont rouges, sauf celui dérivé de la mésidine qui est jaune; on sait qu'en général les orthoquinones sont plus colorées que les paraquinones. Toutefois cet argument semble insuffisant pour prononcer une conclusion définitive qui apporterait une confirmation de plus au principe de planéité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydrogénation et hydrogénation par chauffage sur le nickel de Raney.* Note [1] de M. **Jacques-Émile Dubois**, présentée par M. Marcel Delépine.

Des recherches sur la déshydrogénation par le nickel Raney nous ont amené, pour expliquer la formation de produits de réduction, à reprendre les hypothèses formulées [2] pour la préparation du propanal CH_3CH_2CHO à partir de l'alcool allylique $CH_2:CHCH_2OH$: 1° une transposition de l'hydrogène; 2° une déshydrogénation de la fonction alcool suivie d'une saturation de la double liaison par l'hydrogène libéré (réaction d'échange d'hydrogène).

Dans la présente Note nous mettons en évidence *l'échange d'hydrogène* provoqué par le nickel Raney dans des cas où toute transposition est exclue; nous exposons par ailleurs quelques essais d'hydrogénation par l'hydrogène occlus dans le catalyseur.

Réactions d'échange. — *a. Fonctions alcool-cétone.* — L'échange fonctionnel est prouvé par le déplacement de l'équilibre *alcool-cétone* pour certains alcools et leurs cétones, par le déplacement des échanges *dicétone-cétol-glycol* pour deux β-cétols d'une part et par l'isolement des produits formés au cours de l'échange de l'hydrogène effectué entre un alcool et une cétone de structure différente d'autre part.

1. *Heptanol-2, heptanone-2* $CH_3.CHOH.C_5H_{11} \rightleftharpoons CH_3.CO.C_5H_{11} + H_2$. L'échange fonctionnel est vérifié par le fait qu'en chauffant 12g d'alcool avec 7g de catalyseur durant 8 heures à 100-120° nous n'avons obtenu que 56 % d'heptanone-2, alors que, par une distillation continue, on arrive à 88 %. R. Paul [2] a obtenu respectivement 63 % par chauffage prolongé et 95 % d'octanone-2 par distillation à partir de l'alcool correspondant

2. *Pentanolone-4.2 et méthyl-3 pentanolone-4.2*

$$CH_3.CO.CHR.CHOH.CH_3 \rightleftharpoons H_2 + CH_3.CO.CHR.CO.CH_3 \qquad R = H,\ CH_3$$
$$\searrow + \ (H_2) \rightarrow CH_3.CHOH.CHR.CHOH.CH_3$$
$$\rightleftharpoons 2H_2 + CH_3.CO.CHR.CO.CH_3$$

Par distillation lente de ces β-cétols sur le nickel Raney on obtient l'acétyl-acétone et la méthyl-3 acétyl-acétone et très peu des glycols correspondants (distillation très longue, 15 à 20 heures pour 30g de cétol). Par chauffage à reflux il se forme peu de dicétone et une quantité relativement importante de pentanediol-2.4 et de méthyl-3 pentanediol-2.4.

3. *Alcool isopropylique-heptanone-2*

$$CH_3.CHOH.CH_3 + CH_3.CO.C_5H_{11} \rightleftharpoons CH_3.CO.CH_3 + CH_3.CHOH.C_5H_{11}.$$

---

[1] Séance du 21 avril 1947.

[2] *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 8, 1941, p. 507.

L'alcool isopropylique est déshydrogéné par chauffage sur le nickel Raney en présence d'heptanone-2. L'opération est conduite très lentement (28 heures) à la température de 60-70°. On recueille peu d'hydrogène. Par oximation et acétylation pyridinée, on dose l'acétone, l'heptanone-2 et l'alcool heptylique. L'heptanol-2 ($\acute{E}_{748}$ 157°) est séparé par boratisation (borate $\acute{E}_{13}$ 184°). On obtient 28 % d'acétone et 34 % d'heptanol.

b. Fonctions nitrile-amine et nitrile-alcool. — Nous avons essayé d'étendre la réaction d'échange aux nitriles qui sont plus réductibles que les dérivés carbonylés. Nos résultats, particulièrement en série cyclique, sont cependant moins nets. Cela tient vraisemblablement au comportement des amines avec le catalyseur.

II. *Remarques.* — Nous nous sommes demandé, avant de conclure à un échange d'hydrogène, s'il ne s'agissait pas en fait, bien que ce soit peu probable, d'une *hydrogénation par l'hydrogène occlus* parallèle à la déshydrogénation. Cette hypothèse ne peut être retenue : les rendements en produits hydrogénés sont, en effet, supérieurs à ceux calculés à partir des quantités prévues d'hydrogène occlus. En outre, nous avons constaté que, par chauffage du nickel Raney avec des composés *non déshydrogénables,* le groupement carbonyle se réduit difficilement. Le diacétone-alcool donne ainsi 8 % de produits supérieurs. Les nitriles s'hydrogènent aussi très peu.

Dans ces conditions le nickel Raney est cependant capable de provoquer des réactions catalytiques que nous étudions actuellement. L'aniline distillée sur le nickel Raney subit une coupure avec formation d'ammoniac. La phénylhydrazine réagit violemment avec le nickel; par chauffage modéré on obtient surtout de l'ammoniac, de l'aniline, mais aussi du benzène. Les réactions des phénylhydrazones sont moins énergiques et conduisent aussi à l'aniline. Cette action de l'enchaînement hydrazinique avec le nickel Raney est à rapprocher de celle d'autres récepteurs d'hydrogène, étudiés par R. Paul (3).

Conclusion. — Nous avons étudié des phénomènes d'hydrogénation par le nickel Raney sans apport d'hydrogène moléculaire.

Par ailleurs, nos résultats semblent justifier l'hypothèse d'un échange d'hydrogène provoqué par le nickel Raney et laissent espérer une préparation intéressante des dicétones par déshydrogénation des cétols.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Réflexions sur le sol et réflexions successives dans les mirages. Faux mirages.* Note (1) de M. JEAN LACAZE, présentée par M. Charles Maurain.

I. La théorie classique des mirages les attribue à la réflexion totale sur des couches d'air avoisinant le sol. Elle n'est donc valable que dans le cas où la

---

(3) *Comptes rendus,* **208**, 1939, p. 1319.

(1) Séance du 9 avril 1947.

surface du sol est, sur une grande étendue, suffisamment plane pour que le gradient de température soit à peu près le même, en tous points d'égales hauteurs au-dessus du sol, dans les basses couches de l'atmosphère.

II. L'observation montre que l'on aperçoit des mirages dans des régions accidentées, quelquefois assez fortement comme la partie du Hoggar comprise entre Arak et In-Eker, et qu'il est impossible d'y admettre la théorie classique, sauf dans des cas très rares.

III. La plus grande partie des mirages observés dans ces régions se produisent à toute heure de la période diurne du jour (en accord avec les constatations de M. Lelubre, géologue) et se présentent comme des réflexions de crêtes militaires sur les glacis antérieurs (de faibles pentes). Or, ces glacis sont, le plus fréquemment, formés :

soit d'une mince pellicule de boue séchée, pouvant être incrustée de petit gravier à grains de grosseurs voisines;

soit d'une couche à peu près plate et uniforme de cailloux fortement patinés.

Dans les deux cas, on constate, en observant la diffusion des rayons solaires, que la surface possède pour la lumière, et quelle que soit l'heure, un coefficient de réflexion anormalement élevé (comme certaines routes goudronnées ou bétonnées).

Il est certain que ces glacis ne peuvent constituer de véritables miroirs pour de petits objets. Mais il n'en est plus de même pour des objets dont une dimension au moins est du même ordre de grandeur que les dimensions des glacis (centaines de mètres).

IV. Même dans les régions accidentées, on peut apercevoir en mirages les images de montagnes éloignées (ordre de 100^{km}), mais visibles. Ni la théorie classique ni l'explication précédente ne peuvent en rendre compte.

Mais, l'existence d'une inversion de température au niveau de la tropopause conduit à faire intervenir la possibilité de réflexion totale sur une couche de la basse stratosphère, ou même, éventuellement, sur une couche troposphérique (deuxième tropopause de M. Queney) dans le cas de nébulosité nulle très fréquent, surtout en hiver, au Sahara (persistance anticyclonique).

Il semble ainsi qu'un certain nombre de mirages s'expliquent par réflexions successives sur le sol S (ou sur des couches d'air très voisines du sol) et sur des couches d'air élevées A, l'image étant droite si la première réflexion a lieu sur S et la dernière sur A, ou vice versa, l'image étant renversée si la première et la dernière réflexion ont toutes deux lieu sur S ou sur A (chemins optiques en forme de courbes en cloche).

V. L'explication proposée rend compte de l'existence d'images droites dans les mirages, ce que ne peut faire la théorie classique, et de la vision d'objets tellement éloignés que leurs observateurs n'ont pas été crus; le coefficient de transparence de l'atmosphère saharienne est en effet parfois tel que la

visibilité n'est limitée que par l'insuffisance d'acuité de l'œil et ne peut être chiffrée.

VI. On ne peut considérer comme mirage le phénomène d'*inondation de l'horizon,* irradiation due à la diffusion de la lumière solaire par les crêtes militaires, et qui a pour effet de déformer la vision *directe* des objets plus lointains, jusqu'à les faire apparaître comme détachés du sol.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles observations sur la circulation des auxines dans le sens basal-apical.* Note de M. **François Nystérakis**, présentée par M. Joseph Magrou.

Dans une Note antérieure (1) nous avons établi que, dans la Vigne, la circulation des hormones pouvait être basifuge. Les expériences, que nous avons réalisées, en 1946 et 1947, par d'autres méthodes, nous ont permis de confirmer cette hypothèse.

1° Nous avons introduit, à plusieurs reprises, un cristal d'acide indol-β acétique mesurant $300 \times 350 \times 500^{\mu}$, soit dans le second ou le troisième entre-nœud, compté à partir de l'extrémité, de tiges de Vigne de l'espèce *Riparia*, soit dans le pétiole de feuilles en voie de croissance.

Le plus souvent, 24 heures après, le limbe des deux ou trois feuilles situées au-dessus du point d'introduction s'enroule fortement suivant la nervure médiane, comme si la feuille était attaquée par *Byctiscus betulæ* L.; deux à trois jours plus tard, les feuilles en question s'étalent de nouveau, reprenant leur aspect normal. Il en est de même lors de l'introduction de cristaux dans le pétiole, mais l'enroulement n'intéresse que le limbe de ce dernier. Cette réaction des feuilles se produit quelle que soit l'espèce de Vigne étudiée, mais elle est moins accentuée et plus tardive chez les espèces autres que *Riparia*, traitées de la même façon; il s'agit peut-être d'une différence de sensibilité des cellules vis-à-vis des auxines.

2° En avril, nous avons préparé des solutions gélosées à 20 $^0/_{00}$, dont certaines contenaient 1 $^0/_{00}$, d'autres 1 $^{10}/_{00}$ d'acide indol-β acétique; ces différents milieux ont été stérilisés par la chaleur.

Nous avons ensuite réparti dans des boîtes de Petri une couche de gélose stérilisée sans auxine, d'une épaisseur de 3^{mm}, sur laquelle nous avons juxtaposé verticalement des fragments de tiges de *Riparia Gloire de Montpellier*, correspondant aux 1er, 2e et 3e entre-nœuds en voie de croissance (comptés à partir de l'extrémité de la tige).

Quatre boîtes de Petri (série A) ont reçu chacune 500 fragments d'une longueur de 7^{mm} chacun, enfoncés verticalement d'une profondeur de 1^{mm} environ dans le substratum.

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1177.

Dans deux des boîtes les fragments étaient disposés dans le sens normal, leur partie naturellement basale étant introduite dans la gélose; dans les deux autres ils étaient placés en sens inverse, leur région normalement apicale plongeant dans la gélose.

Nous avons posé sur la section libre de chaque fragment un petit carré de gélose de 2^{mm} d'épaisseur, contenant 1 $^0/_{00}$ d'acide indol-β acétique, de telle sorte qu'à la fin de cette opération tous les carrés étaient juxtaposés et formaient une couche continue de gélose auxinée à la surface des 500 fragments. Les boîtes étaient fermées et placées dans une étuve à 18°, à l'obscurité.

Quatre autres boîtes ont été préparées de la même facon (série B), mais les fragments ne mesuraient que 3^{mm} et la couche de gélose appliquée sur leur section libre contenait 1 $^{10}/_{00}$ d'acide indol-β acétique; elles étaient placées dans les mêmes conditions que les précédentes.

Si la circulation de l'auxine par les tissus vivants, généralement considérée comme basipète, peut être aussi basifuge, cette substance doit, dans les deux séries d'expériences, passer, par la voie des fragments, de la gélose supérieure dans celle qui recouvre le fond de la boîte. C'est, en effet, ce qui arrive.

Dans le série A (gélose auxinée à 1 $^0/_{00}$), la forte dose d'auxine provoque une intoxication rapide des cellules de la partie supérieure des fragments sur une longueur de 2 à 3^{mm}. Il est facile de mettre cette intoxication en évidence de très bonne heure par les colorations vitales et de la constater macroscopiquement, au bout de 6 à 10 heures, par la coloration de la partie intoxiquée et par la perte de sa turgescence.

Douze heures après l'application de la couche auxinée, les réactions de l'acide indol-β acétique nous ont permis de noter de très faibles doses de cette substance dans la couche inférieure de gélose. La mort rapide des cellules à une certaine distance du point d'application empêche la migration de la plus grande partie de l'hormone dans le substratum. Il faut noter que l'intoxication intéressait les cellules de tous les fragments de tiges et que la couche inférieure des quatres boîtes contenait la même dose d'auxine, quel que fût le sens de la disposition de ces fragments, ce qui démontre que ce sens n'exerce aucune influence sur le nombre des cellules intoxiquées et sur la diffusion de l'acide.

Dans la série B (gélose auxinée à 1 $^{10}/_{00}$), pas d'intoxication et une forte proportion de l'auxine passe dans la gélose substratum. Les dosages effectués 48 heures après l'application de la gélose auxinée nous ont permis de constater que 50 à 60 % de la teneur en acide indol-β acétique étaient passés dans la gélose inférieure.

Ces expériences apportent de nouveaux arguments en faveur de notre hypothèse sur la circulation des auxines dans le sens basal-apical.

MYCOLOGIE. — *Note préliminaire sur la polarité sexuelle et sur les caractères du mycélium haploïde de plusieurs Homobasidiomycètes.* Note de M. **Yen Hsun Chu**, présentée par M. Joseph Magrou.

Parmi les sporées qui sont à l'origine de nos recherches, quelques-unes nous ont été envoyées de Paris par M. H. Romagnesi, mais la plupart proviennent des carpophores recueillis aux environs de Lyon et de Besançon et déterminés par M. le Professeur R. Kühner. Grâce à l'hospitalité qui nous a été offerte à l'automne 1946 à l'Institut Botanique de Besançon, nous avons pu tirer parti de la riche flore mycologique du Jura. Les spores de plus de 200 espèces de cette région ont été ensemencées sur milieu à l'extrait de malt; un mycélium a été obtenu pour 60 espèces à partir de semis denses, pour 25 seulement à partir de semis lâches. A l'exception de *Coprinus Patouillardi,* toutes les espèces suivantes ont un mycélium secondaire pourvu d'anses d'anastomose; c'est ce critère de l'état diploïde qui nous a servi pour déterminer leur polarité sexuelle. Nous avons en outre étudié le comportement nucléaire des mycéliums primaires, ce qui avait été rarement fait jusqu'ici.

Pleurodon (*Hydnum*) *auriscalpium.* — Tétrapolaire. Haplonte à articles uninucléés; certains articles terminaux plus ou moins longuement lancéolés ressemblent à des chlamydospores par leur contenu farci de petites gouttelettes brillantes.

Merulius rufus. — Bipolaire. Hyphes haploïdes remarquablement grosses à articles multinucléés. Certaines arborescences se désarticulent en oïdies.

Spongipellis (*Polypurus*) *spumeus.* Tétrapolaire. Haplontes régulièrement uninucléés, produisant comme les diplontes des chlamydospores bien difiérenciées.

Un *Omphalia* du groupe *rustica,* mais qui n'est pas l'espèce décrite sous ce nom par M. Kühner, nous a donné une dizaine d'haplontes que nous n'avons pu faire copuler. *O. Mairei* est hétérothallique, probablement tétrapolaire. Les haplontes de ces deux espèces sont toujours uninucléés.

Mycena ætites, maculata, polygramma, vulgaris : tétrapolaires ; *M. avanacea* et *epipterygia* : hétérothalliques, probablement tétrapolaires. Les haplontes de ces six espèces sont tous uninucléés; ils montrent souvent une tendance à se ramifier, de façon à constituer par endroits des arborescences touffues. *M. maculata* et *vulgaris* colorent fortement le milieu en brun sale et produisent de grosses cellules irrégulièrement globuleuses.

Rhodopaxillus (*Tricholoma*) *nudus.* Hétérothallique. Haplontes à articles uninucléés.

Aucune des espèces qui précèdent, toutes leucosporées, ne nous a montré d'oïdies, excepté *Merulius rufus.* Les formations conidiennes semblent beaucoup plus fréquentes chez les chromosporées.

Hebeloma circinans. Tétrapolaire. Haplontes uninucléés à oïdies en chaînes et articles plus ou moins chlamydosporoïdes de petite taille.

Conocybe (*Galera*) *spicula* et *tenera*. Tétrapolaires. Haplontes à gros articles uninucléés, avec de nombreuses hyphes relativement grêles et plus ou moins spiralées, qui se segmentent en oïdies en chaînes. Quoique voisines, ces deux espèces ne s'hybrident pas.

Conocybe coprophila Kühner, fructifie très fréquemment en culture monosperme, semble cependant hétérothallique. Mêmes oïdies que les deux *Conocybe* précédents.

Flammula conissans sensu Lange et *gummosa*. Tétrapolaires. Haplontes à articles plurinucléés, avec oïdies en chaînes courtes et groupées. Chlamydospores bien différenciées, abondantes sur les mycéliums primaire et secondaire.

Hypholoma dispersum. Tétrapolaire. Haplontes uninucléés, sans oïdies.

Psilocybe (*Naucoria*) *crobula*. Hétérothallique. Oïdies en chaînes aux haplontes.

Stropharia squamosa. Des spores obtenues d'un carpophore dont le bouturage a donné à M. Kühner un mycélium binucléé à boucles, n'ont donné que des haplontes à articles contenant un à trois noyaux, qui ont refusé de copuler entre eux. Sans doute les spores de certains sexes n'avaient-elles pas germé.

Psathyrella fragilissima Lange, *microrhiza*, *bifrons*, *pseudobifrons* Romagn., *prona*. Tétrapolaires. Haplontes nucléés donnant souvent des touffes de conidies munies d'une cloison au milieu. Chez *P. bifrons* et *pseudobifrons*, ces conidies bicellulaires sont disposées en véritables régimes rappelant ceux des bananiers.

Coprinus impatiens. Bipolaire, et *lagopus* type (forme terricole à spores non globuleuses). Tétrapolaire. Haplontes ayant de un à cinq noyaux selon les articles. Ceux de *C. impatiens* produisent des oïdies d'abord liées deux à deux bout à bout, rappelant les conidies bicellulaires des *Psathyrella* précédents.

Coprinus gonophyllus. Bipolaire. Haplontes uninucléés produisant des conidies en chaînes courtes et groupées.

Coprinus Patouillardi. Mycélium cénocytique sans boucles. Fructifie régulièrement en cultures monospermes.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Différenciation du corps de Bidder, chez* Bufo vulgaris, *à la suite d'un traitement hormonal masculinisant* (*propionate de testostérone*). Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le mécanisme de la différenciation des gonades chez les Vertébrés est lié, pour certains auteurs ([1]), à l'action directe de substances hormonales, dont la nature est voisine, sinon identique, aux hormones sexuelles contrôlant les caractères sexuels secondaires. Pour un second groupe d'auteurs ([2]), la diffé-

([1]) Et. Wolff et A. Ginglinger, *Arch. Anat. Hist. Embryol.*, 20, 1935, p. 219.
([2]) E. Witschi, *Sex and internal Secretions*, Chap. IV, p. 145, 2e édit., 1939.

renciation sexuelle résulte de l'action de substances embryonnaires libérées par le couple médullo-cortical de la gonade embryonnaire. Les hormones sexuelles n'interviendraient qu'en interférant avec l'action fondamentale des inducteurs embryonnaires.

Le choix entre ces deux interprétations est difficile, parce que l'on ne connaît pas actuellement les inducteurs embryonnaires, dont on suppose la nature par des considérations indirectes. Nous avons tenté de faire avancer la question en tirant parti des dispositions embryologiques réalisées chez le Crapaud. Chez *Bufo vulgaris*, la région antérieure de la gonade, dans les deux sexes, est constituée uniquement par du tissu cortical. Cette région donne toujours une formation ovarienne, le corps de Bidder. C'est seulement au-dessous de cette région biddérienne qu'apparaissent les cordons médullaires, s'enfonçant en coin dans la glande et qu'entoure du tissu cortical. Là se différenciera la gonade fonctionnelle; testicule ou ovaire, conformément au sexe génétique de l'individu. Selon Witschi, le développement tardif de la gonade par rapport au corps de Bidder traduirait précisément l'antagonisme médullo-cortical. Dès lors, une question se pose. Peut-on, en apportant à un embryon de Crapaud de l'hormone mâle, neutraliser et éventuellement inverser l'évolution du corps de Bidder, qui normalement ne possède pas de tissu médullaire? En d'autres termes, l'hormone mâle peut-elle se substituer intégralement à l'inducteur embryonnaire de la masculinisation (tissu médullaire), absent dans la zone biddérienne. Un résultat positif plaiderait évidemment en faveur de l'interprétation de Wolff; un résultat négatif, sans être, nous le verrons, décisif, s'inscrirait dans le sens des vues de Witschi.

L'expérience suivante a été réalisée.

La ponte d'un couple de *Bufo vulgaris*, provenant de Toulouse, est récoltée le 18 mars 1939. La fin des branchies externes est notée le 31 mars 1939. Un lot de 80 têtards est retenu, dont 68 achèveront leur métamorphose. Ces animaux reçoivent, en trois injections (1, 15, 30 avril), du propionate de testostérone, dosé à 10^{mg} pour 1^{cm^3}, à raison de $0^{mg},10$ environ par têtard. La métamorphose du lot s'achève entre le 13 et le 18 mai; l'âge des têtards, à ce stade, est donc de 56 à 61 jours. La température de l'élevage a oscillé entre 18° et 20°. Par ailleurs, un lot de témoins est élevé dans les mêmes conditions. A la métamorphose, 14 témoins sont sacrifiés. Leur corps de Bidder a la structure habituelle.

18 animaux de la série ayant reçu l'hormone mâle sont sacrifiés à la métamorphose. Ces animaux ont donc été soumis, pendant toute la vie larvaire, au cours de laquelle se différencie le corps de Bidder, à l'induction masculinisante de l'hormone mâle ([3]).

L'étude des animaux traités a montré que l'ensemble de la gonade est constitué par un corps de Bidder très net, de forme ovoïde, mesurant en moyenne de 0,5 à $0^{mm},7$ de long, sur 0,3 à $0^{mm},5$ de large, auquel fait suite

([3]) Le reste de la série, mis en cage d'élevage, n'a pu être suivi, à cause des événements militaires de l'été de 1939. Seulement 6 des animaux ont été autopsiés, à l'âge de 104-115 jours. Leur corps de Bidder était un ovaire.

une mince bande représentant la future gonade fonctionnelle. A ce stade, la bandelette mesure environ 1^{mm} de long. L'aspect macroscopique est le même que chez les témoins.

L'étude histologique des animaux traités révèle que le corps de Bidder est un ovaire compact bourré d'auxocytes. A l'apex de ce corps et sur les régions latérales, on observe parfois des nids d'ovocytes en préméiose. Ces formations dominent peu à peu dans la partie arrière du corps et l'on passe assez rapidement à la région indifférenciée, où s'organise la future gonade, dont le sexe ne peut être identifié à ce stade. L'aspect est sensiblement le même que chez les témoins.

Par conséquent, dans les conditions de l'expérience, un traitement masculinisant s'est révélé incapable d'inverser ou d'altérer la différenciation sexuelle du corps de Bidder. Cette observation est à rapprocher de celle de E. Padoa et L. Picchi (1946) (4), qui, traitant des têtards de *Bufo vulgaris* par des solutions aqueuses d'hormone folliculaire (œstrone), n'ont pas altéré la différenciation qualitative du corps de Bidder, qui reste un ovaire, dont le volume est cependant réduit. Or, un tel traitement est masculinisant chez *Rana esculenta* et *Rana temporaria*.

Le résultat négatif obtenu dans les expériences de Padoa et de nous-même n'est pas aussi facile à interpréter que le serait un résultat positif. On peut toujours mettre en cause une action insuffisante de l'hormone, par exemple. De plus, il resterait à voir ce que devient la vraie gonade soumise à un traitement masculinisant. Sous ces réserves et si l'on garde dans l'esprit la labilité de la différenciation sexuelle des Amphibiens, la facilité avec laquelle un traitement masculinisant altère ou inverse chez eux la gonade, les résultats rapportés plaident incontestablement en faveur des considérations indirectes développées par E. Witschi et qui mettent l'accent sur le rôle d'inducteurs embryonnaires dans la différenciation des gonades chez les Vertébrés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la formation de la thyroxine et de ses précurseurs dans les iodoprotéines.* Note de MM. **Jean Roche**, **Raymond Michel** et M^{lle} **Marcelle Lafon**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'action de l'iode sur les protéines conduit à la fixation de l'halogène au cycle de certains acides aminés (tyrosine, histidine, tryptophane) et à la formation de thyroxine (Blum et Strauss, Bauer et Strauss, Ludwig et von Mutzenbecher, Reineke et Turner), et l'on peut envisager avec C. R. Harington (1) que cette dernière prend naissance à partir de la tyrosine, dont les dérivés monoiodé et diiodé (2) ont été isolés avec elle (2), (3) des

(4) *Monit. Zool. Ital.*, 55, 1946, p. 57.

(1) *Proc. Roy. Soc.*, 132, B, 1944, p. 224, et *Bull. Soc. Chim. biol.*, 149, 1946, p. 24.

(2) W. Ludwig et P. von Mutzenbecher, *Z. f. physiol. Chem.*, 258, 1939, p. 195.

(3) E. P. Reineke et C. W. Turner, *J. of biol. Chem.*, 149, 1943, p. 555.

iodoprotéines. Il nous a paru que la formation des trois acides aminés halogénés pourrait être étudiée grâce aux méthodes de dosage de ces corps que nous avons antérieurement décrites ([4]). Nous avons poursuivi dans ce but des recherches sur la teneur en monoiodotyrosine, en diiodotyrosine et en thyroxine de protéines réagissant dans des conditions bien définies avec des quantités croissantes d'halogène, espérant acquérir ainsi des données précises sur la genèse de la thyroxine à partir de ses précurseurs.

De la caséine (Vache) et de la thyroglobuline (Porc) ont été soumises à l'action de quantités diverses d'iode comprises entre 0,95 et 10,0 atomes I par molécule de tyrosine présente. Deux séries d'expériences, dans lesquelles on a réalisé des milieux de potentiels oxydants divers, ont été poursuivies. La première a comporté l'ioduration des protéines à pH 7,8 selon E. P. Reineke et C. W. Turner ([5]) (action de l'iode en poudre, à 37° jusqu'à fixation totale de l'halogène, suivie d'un chauffage à 70° pendant 20 heures à l'air libre et sous agitation mécanique, le pH du milieu étant maintenu à 7,8 au moyen d'additions de bicarbonate de sodium).

Dans la seconde, nous avons fait agir des solutions iodo-iodurées sur les protéines en présence d'ammoniaque à 5 % à 0° pendant 12 heures. Les iodoprotéines obtenues, précipitées à pH = 4,8 — 5,9, ont été dialysées jusqu'à disparition totale d'I^- et séchées sous vide sulfurique. Elles ont fait l'objet de dosages d'azote (microkjeldahl), d'iode (Leipert), de monoidotyrosine, de diiodotyrosine, de thyroxine (Michel et Roche) et de tyrosine (Lugg). On trouvera ci-dessous les résultats obtenus sur des iodocaséines.

Tableau I. — *Modifications des teneurs en azote, en iode, en tyrosine, en monoiodotyrosine, en diiodotyrosine et thyroxine de la caséine en fonction de son ioduration progressive.*

Atomes I mis en œuvre par mol. de tyrosine.	N (%).	I (%).	Tyrosine (%).	Monoiodo-tyrosine (%).	Diiodo-tyrosine (%).	Thyroxine (%).
0........	15,62	0	7,20	0	0	0
I. — *Action de l'iode en milieu bicarbonaté* (pH = 7,8).						
0,95......	13,20	1,95	4,53	2,22	1,04	0,22
2,83......	12,40	5,12	1,10	6,00	2,97	0,47
4,50......	12,60	6,76	0,20	3,63	4,23	1,45
6,90......	12,00	8,08	0,10	1,66	6,52	1,66
10,00......	11,92	7,93	traces	traces	5,50	0,85
II. — *Action de l'iode en milieu ammoniacal.*						
1,00......	14,08	1,62	4,19	2,35	0,49	0,42
2,75......	12,45	4,67	0,85	6,95	1,82	0,65
4,50......	12,30	7,85	0,10	6,22	3,76	1,06
7,00......	11,95	11,50	traces	0,80	9,30	1,65
10,00......	11,92	11,10	0	0	9,60	1,85

L'étude des iodocaséines et celle des iodothyroglobulines, dont nous ne pou-

([4]) J. Roche et R. Michel, *Biochim. et biophys.* Act, **1**, 1947 (sous presse).
([5]) *J. of. biol. Chem.*, **161**, 1945, p. 613.

vons présenter ici les résultats en détail, permettent les conclusions suivantes :

1° De la monoiodotyrosine se forme en abondance à partir de la tyrosine lorsque les protéines sont soumises à l'action de quantités relativement faibles d'iode (3-4 atomes I par molécule de l'acide aminé), alors que la diiodotyrosine prend naissance aux dépens de son précurseur monoiodé en présence d'un excès d'halogène.

2° Un optimum du rendement en thyroxine se manifeste lorsque l'on met en œuvre 6 à 7 atomes d'iode par molécules de tyrosine à $pH = 7,8$ et en milieu bicarbonaté. Il en est ainsi dans le cas de la caséine, étudié antérieurement à nous par Reineke et Turner, dont nous confirmons l'observation, comme dans celui de la thyroglobuline. Une quantité plus grande d'iode provoque la destruction partielle de la thyroxine et, à un degré moindre, de la diiodotyrosine en milieu bicarbonaté à $pH = 7,8$. Ce dernier processus paraît dû à une oxydation, laquelle ne se manifeste qu'avec une très faible intensité en milieu ammoniacal; les réactions de substitution prédominent alors, mais affectent dans une plus large mesure l'ensemble des acides aminés cycliques.

3° Dans la caséine comme dans la thyroglobuline, une fraction relativement faible de la tyrosine fixe de l'iode dans un premier temps et se transforme en thyroxine dans un second. La plus grande partie de l'acide aminé fixe deux atomes d'iode par molécule, mais ne participe pas ensuite à la réaction génératrice de l'hormone, et cela sans doute en raison de sa position dans les chaînes peptidiques. *La teneur en tyrosine des protéines ne détermine donc pas à elle seule l'aptitude de celles-ci à donner naissance à de la thyroxine. La structure des protéines joue également un rôle dans le déterminisme de cette propriété* et la thyroglobuline ne paraît présenter à cet égard aucun caractère adaptatif. Il est probable que le système enzymatique du corps thyroïde est, bien plus que son substrat, à l'origine de la spécificité physiologique de cet organe.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret. L. B.

La séance est levée à 16h35m.

ERRATA.

(Séance du 21 avril 1947.)

Note de M. *Albert Raynaud*, Présence de bourgeons prostatiques chez les fœtus femelles de Mulot (*Apodemus sylvaticus* L.) provenant de mères qui ont été ovariectomisées au cours de la gestation et qui ont reçu des injections de progestérone.

Page 1189, *remplacer* les 5e et 6e lignes par les suivantes :
peut-être par action locale de substances diffusibles), le développement des deux bourgeons prostatiques.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 MAI 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation des décrets, en date du 29 avril 1947, portant approbation des élections que l'Académie a faites de M. **WANDER JOHANNES DE HAAS** et de Sir **EDWARD JOHN RUSSELL**, pour occuper, parmi les Associés étrangers, les places vacantes par le décès de Sir *William Bragg* et M. *Pieter Zeeman*.

Il est donné lecture de ces décrets.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Étude des composés de l'écorce terrestre.* Note (¹) de M. **HENRI DESLANDRES**.

Dans ma dernière Note du 26 août 1946, j'ai étudié les composés organo-sodiques, mais finalement les données expérimentales ont été trouvées insuffisantes et j'ai porté mon effort sur les molécules de l'écorce terrestre qui sont moins nombreuses et dont la composition chimique est mieux connue.

L'oxygène, le silicium, l'aluminium et le fer sont les principaux atomes de l'écorce. L'anhydride silicique SiO_2, très stable, le plus stable de l'écorce, offre un spectre formé de fréquences nombreuses. Ses petites fréquences Raman sont publiées dans le 2ᵉ livre de Kohlrausch de 1937, mais sans leurs intensités, ce qui est une lacune sérieuse. Elles sont les suivantes :

ν 11, 28, 29, 30, 35, 40, 45, 79, 103, 126, 150, 157, 200, 203, 397, 553 et 839.

D'autre part le 2ᵉ livre de Magat de 1937 donne pour SiO_2 cristallin les fréquences Raman ν 126 et 207 (intensité = 15) et ν 465 (I = 30).

J'ai vérifié que toutes ces fréquences sont en accord avec les quatre lois simples des fréquences moléculaires, déjà reconnues comme exactes sur 700 spectres Raman.

La 1ʳᵉ loi est résumée dans la formule (I) $\nu = qd_1/r's'$, d_1 étant la constante universelle 1062,5 mesurée avec une grande précision, s' étant le nombre des électrons activés, q et r' des nombres entiers.

(¹) Séance du 21 avril 1947.

La 2e loi annonce que les électrons des atomes dans la molécule sont activés non un par un, mais par sous-anneaux successifs à partir de l'extérieur, les premiers sous-anneaux étant d'abord activés seuls, puis les premiers et deuxièmes sous-anneaux, puis les premiers, deuxièmes et troisièmes sous-anneaux, et ainsi jusqu'au dernier sous-anneau.

Lorsque la composition chimique est bien déterminée, on peut en déduire ces sommes successives s' d'électrons.

Avec la molécule SiO_2, on a d'abord les deux premières combinaisons d'atomes Si et O_2, SiO et O. Les sous-anneaux successifs de Si sont : 2, 4, 10, 12 et 14; de O_2, 8, 12, 16 et de O, 4, 6 et 8 électrons. Mais, d'après la 3e loi, les diverses parties de la molécule doivent émettre les mêmes fréquences et donc avoir les mêmes nombres d'électrons activés.

Avec la combinaison $Si.O_2$, les nombres s' d'électrons communs aux deux parties sont : 12, $9^{\pm}$, $13^{\pm}$, $15^{\pm}$ et $10^{\pm\pm}$ (2).

Avec la combinaison SiO.O, on a pour SiO $2+4$ ou 6 électrons, $4+6$ ou 10 électrons, $10+8$ ou 18 électrons et pour O, 4, 6 et 8 électrons, d'où les nombres s' communs d'électrons 6, $5^{\pm}$, $9^{\pm}$ et $8^{\pm\pm}$.

Si la molécule est ionisée à l'intérieur, d'autres fréquences dues à cette cause sont à prévoir. D'autre part l'analyse des fréquences émises avec la formule (I) décèle les nombres s' d'électrons communs aux diverses parties de la molécule. Je présente ci-dessous les principaux résultats de ces analyses.

SiO_2.

$$\begin{aligned}\nu\,11 &= d_1/95 \text{ ou } 5\times 19\,(11,18) \quad -0,18\\ &= d_1/98 \text{ ou } 7\times 14\,(10,84) \quad +0,16\end{aligned}$$

Les nombres 19 et 7 peuvent s'expliquer par la combinaison $SiO^{-}O^{+}$, Si étant égal à 10 et O à 8.

$$\begin{aligned}\nu\,28 &= d_1/36 \text{ ou } 12\times 3 \text{ ou } 6\times 6 \text{ ou } 9\times 4\,(27,6) \quad +0,4\\ &= 2d_1/75 \text{ ou } 15\times 5\,(28,3) \quad -0,3\\ &= 2d_1/76 \text{ ou } 38\times 2 \text{ ou } 19\times 4\,(28) \quad -0,0\\ &= 2d_1/77 \text{ ou } 11\times 7\,(27,6) \quad +0,4\\ &= 2d_1/78 \text{ ou } 39\times 2 \text{ ou } 13\times 6\,(27,24) \quad +0,76\\ \nu\,29 &= d_1/36,64 \text{ ou } 12\times 3 \quad +0,64\\ &= 2d_1/74 \text{ ou } 37\times 2\,(28,7) \quad +0,3\\ &= 2d_1/75 \text{ ou } 15\times 5\,(28,3) \quad +0,7\\ \nu\,30 &= 2d_1/70 \text{ ou } 7\times 10 \text{ ou } 14\times 5\,(30,36) \quad -0,36\\ &= 2d_1/72 \text{ ou } 36\times 2 \text{ ou } 9\times 8\,(29,5) \quad +0,5\\ \nu\,35 &= d_1/30,36 \text{ ou } 10\times 3 \quad +0,36\\ &= 3d_1/90 \text{ ou } 9\times 10 \text{ ou } 15\times 6\,(35,4) \quad -0,4\end{aligned}$$

---

(2) Je rappelle que les signes $\pm$, $\pm\pm$, ajoutés à une fréquence, annoncent que cette fréquence résulte de l'ionisation simple et double de deux fréquences dont les nombres d'électrons diffèrent de 2 et 4 unités.

ν 40 = $d_1/26,56$ ou 13 × 2 + 0,56
= $d_1/26$ ou 13 × 2 (40,9) — 0,9
= $d_1/27$ ou 9 × 3 (39,4) + 0,6
= $3d_1/80$ ou 10 × 8 ou 5 × 16 (39,84) + 0,16

ν 45 = $d_1/23,61$ ou 12 × 2 + 0,39
= $d_1/24$ ou 12 × 2 (44,3) + 0,7
= $4d_1/95$ ou 19 × 5 (44,74) + 0,26

ν 79 = $2d_1/26,9$ ou 9 × 3 — 0,1
= $3d_1/40,35$ ou 10 × 4 (79) — 0,35
= $d_1/78$ ou 13 × 6 (78,3) + 0,7

ν 103 = $2d_1/21$ ou 7 × 3 (101,2) + 1,8
= $5d_1/52$ ou 13 × 4 (102,16) + 0,84
= $7d_1/72$ ou 12 × 6 ou 9 × 8 (103,3) — 0,3

ν 126 = $5d_1/42$ ou 6 × 7 (126,49) — 0,49
= $6d_1/50$ ou 5 × 10 (126,66) — 0,66
= $13d_1/110$ ou 11 × 10 (125,57) + 0,43

ν 150 = $9d_1/64$ ou 8 × 8 (149,41) + 0,59
= $11d_1/78$ ou 39 × 2 ou 13 × 6 (149,84) + 0,16
= $14d_1/99$ ou 9 × 11 (150,25) — 0,25
= $17d_1/120$ ou 12 × 10 (150,52) — 0,52

ν 157 = $4d_1/27$ ou 9 × 3 (157,4) — 0,4
= $d_1/95$ ou 19 × 5 (157,4) — 0,4

ν 200 = $3d_1/16$ (119,2) + 0,8
= $17d_1/90$ ou 9 × 10 (200,7) — 0,7
= $12d_1/117$ ou 13 × 9 (199,8) + 0,2

ν 203 = $12d_1/63$ ou 9 × 7 (202,38) + 0,62
= $8d_1/42$ ou 6 × 7 (202,4) + 0,6

ν 397 = $18d_1/48$ ou 12 × 4 ou 6 × 8 (398,44) — 1,44

ν 553 = $25d_1/48$ ou 12 × 4 (553,38) — 0,38
= $39d_1/75$ ou 15 × 5 (552,3) + 0,5

ν 839 = $15d_1/19$ (838,8) + 0,2
= $64d_1/81$ ou 9 × 9 (839,5) — 0,5
= $79d_1/100$ ou 10 × 10 (839,37) — 0,37

J'ajoute l'analyse des fréquences publiées par Magat, ν 207 et 465, et de la fréquence ν 1027 émise par la molécule SiF_4, qui accompagne SiO_2 dans la croûte terrestre.

ν 207 = $7d_1/36$ (206,6) + 0,4
= $15d_1/77$ ou 11 × 7 (207) + 0,0
= $30d_1/103$ (206,3) + 0,7
= $21d_1/108$ ou 54 × 2 ou 12 × 9 (206,6) + 0,4
= $28d_1/144$ ou 16 × 9 (206,6) + 0,4

ν 465 = $7d_1/16$ (464,8) + 0,2
= $37d_1/84$ ou 6 × 14 (464) + 1
= $46d_1/105$ ou 15 × 7 (465,5) — 0,5
= $63d_1/144$ ou 18 × 8 (464,8) + 0,2
= $64d_1/154$ ou 11 × 14

Fluorure de silicium ν SiF_4 ou $Si.F_2F_2$ avec les s' 10.10.10 et 14.14.14.

$$\begin{aligned}\nu\ 1027 &= 29d_1/30 \text{ ou } 3\times 10\,(1027,1) \quad -0,1\\ &= 85d_1/88 \text{ ou } 11\times 8\ (1026,3) \quad +0,7\\ &= 88d_1/91 \text{ ou } 13\times 7\quad (91,5) \quad -0,5\\ &= 115d_1/119 \text{ ou } 17\times 7\ (1026,8) \quad +0,2\end{aligned}$$

Disilan $H_3Si—SiH_3$, 17 ou 15 ou 13 ou 7 électrons de H_3Si. $\nu = 1126$.

$$\begin{aligned}\nu\ 1126 &= 18d_1/17\ (1125) \quad +1,0\\ &= 159d_1/150 \text{ ou } 15\times 10\,(1126,2) \quad -0,2\\ &= 124d_1/117 \text{ ou } 13\times\ 9\,(1126,1) \quad -0,1\\ &= 89d_1/84 \text{ ou } 14\times 6 \text{ ou } 7\times 12\,(1125,7) \quad +0,3\end{aligned}$$

Cette molécule a la simplicité des premières molécules qui, aux débuts de ces études, ont conduit aux quatre lois des spectres moléculaires.

Hexachlordisilan $Cl_3Si.SiCl_3$. $\nu = 1126$.

Avec les 15 électrons de Cl_3 et les 14 électrons de Si, les preuves présentées pour la molécule précédente s'appliquent à cette dernière molécule.

Cette Note est une confirmation des quatre lois qui, probablement, s'appliquent à toutes les molécules ([3]). Mais les molécules connues sont extrêmement nombreuses et s'accroissent constamment. La portée des lois sera reconnue seulement par un organisme spécial, riche en personnel et en moyens d'action.

BIOGÉOGRAPHIE. — *Constitution d'un îlot de forêt dense d'un type ombrophile à l'aide d'arbres introduits d'Indochine, végétant en équilibre harmonique et régénérant un sol dégradé sur un plateau du Fouta-Djallon, en Guinée française.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

Chargé en 1905, par le Gouvernement général de l'A. O. F., de rechercher dans l'Ouest africain français une localité qui conviendrait à l'installation d'un centre climatique et à la création d'un Jardin botanique où seraient rassemblés les principaux végétaux de l'Afrique occidentale et les plantes utiles à introduire d'autres contrées, notre attention se porta sur le Fouta-Djallon, massif montagneux s'élevant de 800 à 1450m d'altitude, au centre de la Guinée française, pays couvert en grande partie d'affleurements de carapace latéritique, mais où subsistent encore çà et là des terres moins dégradées quoique très peu fertiles. Dans d'étroits vallons subsistent des reliques de la forêt dense ombrophile qui a dû couvrir une grande partie du pays il y a quelques siècles

([3]) Cette étude sera reprise lorsque les spectres Raman seront mesurés avec une précision plus grande.

La note suivante sera consacrée à plusieurs molécules de l'écorce, notées comme intéressantes par Vernadsky.

seulement. C'est la disparition du couvert arboré, sous l'action de l'homme, jointe à l'instauration des feux de brousse annuels, qui a amené la dégradation et la latéritisation des sols et une déforestation quasi irréversible.

Cependant la hauteur annuelle moyenne des pluies est de 2^{m} environ et la saison sèche est de courte durée, conditions climatiques nécessaires et suffisantes pour l'instauration de la forêt dense équatoriale.

Après de laborieuses prospections à travers le pays pendant près de trois années, notre choix se porta, pour l'emplacement du Jardin, sur un point nommé Dalaba, situé à $1\,200^{m}$ d'altitude, au bord d'une petite rivière, le Mafin, qui naît près des sources du Sénégal et en est tributaire. Les premiers travaux du Jardin commencèrent en 1908 par l'introduction de plantes nombreuses d'Europe, d'Afrique, etc., un grand nombre venant aussi des serres du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris.

En 1912, nous rapportions à Dalaba de nombreux végétaux du Congo belge (bambous, caféiers, etc). En 1913 et début 1914, prospectant les forêts du Tonkin et de l'Annam, particulièrement celles du Langbian, massif d'altitude comparable au Fouta-Djallon, nous adressâmes à M. James Chillou, qui aménageait alors le Jardin de Dalaba, de nombreuses graines d'arbres forestiers qu'il ensemença aussitôt (premiers mois de 1914) dans une grande pépinière installée sur les bords du Mafin. Le sol argileux, évoluant en latérite, avait été longtemps cultivé par les indigènes et il était abandonné depuis des années parce que épuisé. Une légère broussaille commençait à se reconstituer quand on l'avait défriché, mais le sol était en grande partie nu, dur, sans porosité; sur d'autres parties existaient des touffes de graminées pyrophiles, indice d'aridité et de latéritisation avancée. Il y avait à peine trace d'humus et la végétation forestière semblait exclue pour toujours. Grâce à des labours profonds ramenant à la surface des couches de sol moins compactes, à l'enfouissement d'engrais, d'un peu de calcaire et de compost, nous avions constitué un sol artificiel où pouvaient vivre et même prospérer pendant quelques mois les plantes annuelles et les plantules d'arbres. Nous avions aussi barré la rivière en saison sèche et établi de petites rigoles qui permettaient d'irriguer les pépinières pendant les sécheresses. Dans le futur jardin botanique qui couvrait plusieurs hectares, nous avions déjà planté à demeure un certain nombre d'arbres et d'arbustes en creusant des fosses profondes. De ce travail presque rien n'a subsisté. Au mois d'août 1914, la guerre ayant éclaté, les deux européens qui étaient au jardin furent mobilisés ; quelques manœuvres africains restèrent seuls sous la surveillance du fils du chef de village pour entretenir le jardin. Ils ne transplantèrent pas les semis forestiers restés dans la pépinière et peu après le jardin fut complètement abandonné. Je le revis en 1929 déjà fort réduit mais avec un îlot forestier déjà constitué. Il ne fut repris par le service forestier de Guinée qu'en 1932. On se contenta de le clôturer et on laissa les arbres à l'état où ils se trouvaient. Déjà certains étaient de belle

taille et fructifiaient abondamment : Pins, Cyprès, Arbres à Benjoin, Poiriers Pashia, diverses légumineuses. Les graines s'ensemençaient spontanément soit dans le sous-bois, soit aux environs.

Nous avons revu en janvier 1947 ce qui reste de notre ancien Jardin botanique. Presque tous les arbres et arbustes qui avaient été mis en place de 1908 à 1914 ont disparu. Par contre, sur l'emplacement de la pépinière de 1914, couvrant quelques centaines de mètres carrés, au bord du Mafin où avaient été ensemencées les graines d'arbres forestiers provenant d'Annam, du Tonkin et quelques-uns de Cochinchine, il s'est constitué un îlot de forêt dense ombrophile, avec arbres très variés (feuillus et conifères) en équilibre biologique stable, très rapprochés les uns des autres, et formant une masse dense dont les plus hauts arbres s'élèvent à environ 20^m de haut, tout à fait analogue à une forêt vierge primitive hygrophile vivant de sa vie propre, une association pareille à celle de l'Est asiatique tropical, tout à fait stable, quoique environnée de toutes parts par la végétation de savane africaine. Et ce qui est encore plus remarquable, c'est que cette miniature de forêt s'est constituée sur un sol latéritisé qui était arrivé au terme de l'extrême dégradation. Cet îlot forestier est un fouillis inextricable d'arbres et d'arbustes entremêlés d'espèces et de familles diverses; les conifères s'associent aux feuillus, les uns à feuilles persistantes, les autres se dépouillant à des époques diverses de leurs feuilles; ce monde végétal paraît tout aussi prospère que dans son pays d'origine. L'îlot forestier comprend une centaine d'espèces au moins formant plusieurs étages depuis les seedlings développés spontanément dans l'humus qui s'est constitué, jusqu'à l'étage supérieur formé par les plus hauts arbres dont certains hébergent des épiphytes ou des *Loranthus* guinéens, parasites qui sont les seuls intrus. Parmi les arbres et arbustes les plus remarquables de cette association, citons :

Cupressus torulosa D. Don, *Thuya orientalis* L., *Podocarpus cupressina* R. Br., *Dacrydium elatum* R. Br., *Cuninghamia sinensis* R. Br., *Cryptomeria japonica* D. Don, *Pinus Khasya langbianensis* Chev., *P. Merkusii* Jung et de Vriese, *P. Massoniana* D. Don, *Caryota mitis* Lour., *Pandanus utilis* Bory, *Bambusa arundinacea* Willd., *B. vulgaris* Schrad., *Gigantochloa maxima* Kurz, *Arundinaria* sp., *Flacourtia* sp., *Thea* sp., *Thespesia populnea* L., *Pentace burmanica* Kurz, *Melia Azadirachta* L., *Acer tonkinense* Lec., *Rhus semialata* Murr., *Cassia siamea* L., *Pithecolobium quocense* Pierre, *Erythrophlæum Fordii* Oliv., *Eugenia Jambos* L., *Rhodomyrtus tomentosa* Wight., *Pyrus Pashia* Ham., *Irvingia Harmandiana* Pierre, *Palaquium* sp., *Maba buxifolia* Pers., *Diospyros* sp., *Cistacanthus turgidus* Nicholson, *Liquidambar formosana* Hance, *Aleurites montana* Pierre, *Artocarpus integrifolia* L., *Cinnamomum Camphora* Nees, *C. Loureiri* Nees, *Horsfieldia Irya* Warb., *Casuarina torulosa* Ait.

Il convient de remarquer que la plupart de ces essences proviennent du Tonkin où elles vivent du 18^e au 22^e degré de latitude Nord, de 300 à 1000^m

d'altitude et de la chaîne annamitique du 12° au 16° degré de latitude Nord et de 1000 à 1500ᵐ d'altitude.

Elles ont trouvé, au Fouta-Djallon, par 10°43′ de latitude Nord et à 1200ᵐ d'altitude un climat, sinon identique, du moins ayant quelques analogies.

BIOLOGIE. — *L'origine pileuse des mors et la chætotaxie de la mandibule chez les Acariens actinochitineux.* Note [1] de M. **François Grandjean.**

Bien que la pince mandibulaire des Acariens actinochitineux, celle des Oribates en particulier, ait une apparence banale et semble appartenir au type ordinaire des Arachnides et Arachnomorphes, ou des Crustacés, son étude est riche en surprises.

J'ai eu la première surprise lorsque l'examen en lumière polarisée de nombreuses mandibules de ces Acariens m'a fait découvrir la structure constamment actinochitineuse des deux mors [2]. Puisque l'actinochitine n'est présente ailleurs, chez les mêmes espèces, que dans les poils, il était naturel de supposer que les mors sont des poils incorporés [3], hypertrophiés.

Ma deuxième surprise a été de voir qu'il existe encore des Acariens assez primitifs à l'égard de la mandibule pour que leur mors fixe ait conservé la forme évidente d'un poil. Voici pour le moment leur liste :

1° Chez *Lordalycus peraltus*, un Endeostigmata, le mors fixe est un gros poil très court, arrondi au bout, lisse. J'en ai donné autrefois une figure [4].

2° Chez *Amnemochthonius tæniophorus*, Oribate nouveau que je décrirai plus tard, le mors fixe est un poil en forme de hachette et il imite les maxilles primitives, lesquelles sont d'autres poils hypertrophiés.

3° Dans le type *Cosmochthonius*, c'est-à-dire chez *Cryptoplophora*, *Cosmochthonius* et *Sphærochthonius*, autres Oribates, le mors fixe est un poil plat, étranglé à sa base, court, orienté verticalement et découpé en lobes à son extrémité distale. Les lobes sont les homologues des dents d'un mors fixe ordinaire. Il y en a 5 chez une espèce de *Cosmochthonius*, mais dans tous les autres cas le nombre des lobes est 4.

Ma troisième surprise, la plus récente, a été de rencontrer une mandibule dont le mors fixe est un groupe de 4 poils. Cette mandibule étrange appartient à *Pterochthonius angelus*, un Oribate rare introduit dans la nomenclature

---

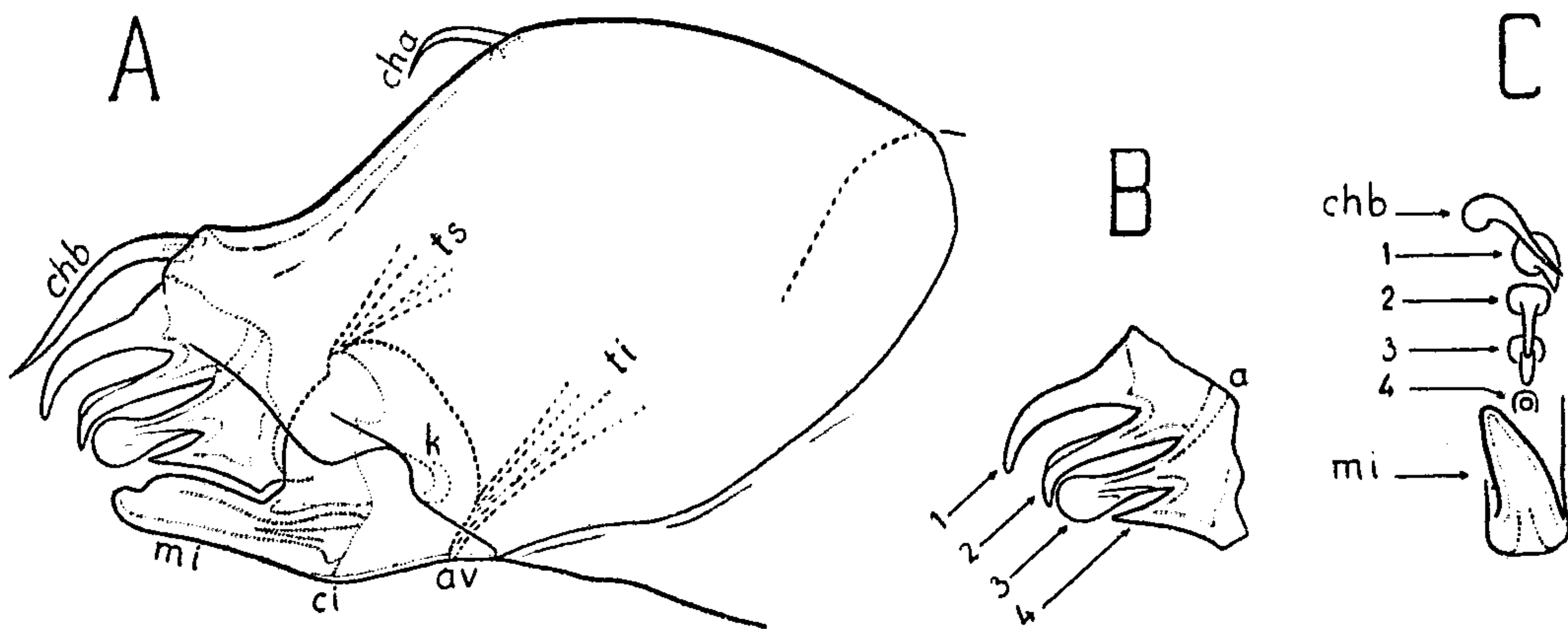
(1) Séance du 28 avril 1947.

(2) *Bull. Mus. Hist. nat. Paris*, 2ᵉ série, 7, 1935, pp. 120-122.

(3) Ce terme signifie que la surface du poil prolonge exactement celle de la mandibule, de telle sorte que rien dans les formes extérieures, sur les contours apparents par exemple, ne situe la ligne de contact. Dans ces conditions l'idée que le mors est un poil ne se présente pas à l'esprit.

(4) *Ann. Sc. Natur.*, *Zoologie*, 11ᵉ série, 2, 1939, p. 113, fig. 24 A.

en 1910 par Berlese, mais dont personne apparemment n'avait étudié jusqu'ici les caractères. Les figures A, B et C ci-jointes font voir que les 4 poils ms_1 à



Mandibule gauche (×1775) de *Pterochthonius angelus* (Berl.); exemplaire de Saint-Laurent-le-Minier (Gard). — A, vue latéralement. — B, le mors fixe de la même mandibule, dessiné à part dans la même orientation; il est formé par 4 poils soudés à leur base, numérotés de 1 à 4. — C, disposition un peu schématisée du mors mobile *mi*, des 4 poils du mors fixe et du poil *chb* quand la mandibule est vue de l'avant.

ms_4, désignés plus brièvement par leurs indices, sont étagés dans un plan vertical et sont tout à fait distincts, quoique soudés par leurs racines. Dans la dissection de la mandibule, après cuisson dans l'acide lactique, le groupe des 4 poils se sépare d'un bloc (*fig.* B).

Un tel mors nous apprend beaucoup de choses. Constatons d'abord qu'il n'est pas tératologique, car il a exactement les mêmes caractères à droite et à gauche sur tous les exemplaires de *Pterochthonius*, c'est-à-dire sur 4 exemplaires provenant de deux stations différentes. Retirons ensuite le qualificatif d'« étrange », employé à son propos. Nous allons voir que ce qui est étrange, c'est plutôt qu'il soit exactement conforme à ce que l'on pouvait imaginer de plus normalement primitif, une fois parti de l'idée que les mors sont des poils.

La chætotaxie des appendices, chez les Oribates, est aujourd'hui assez bien connue et nous pouvons prévoir, grâce à la notion de force, ou de priorité ([5]), ce qu'elle doit logiquement devenir en cas d'extrême réduction numérique des poils. Une mandibule quelconque a subi fortement cette régression. Les mors mis à part, elle n'a jamais plus de 2 poils, primitivement dorsaux, ceux désignés par *cha* et *chb* sur la figure A. Avec les 4 poils également dorsaux qui constituent le mors supérieur de *Pterochthonius*, nous avons donc 6 poils. Or c'est le nombre correct lorsque l'on réduit la chætotaxie d'un appendice *quelconque* aux poils dorsaux les plus forts. Le trochanter, en effet, n'a jamais de poils dorsaux. Le fémur, le génual et le tibia en ont chacun un; attribuons-leur les

([5]) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 417 et **214**, 1942, p. 729.

poils *cha*, *chb* et ms_1, respectivement. Le tarse a 4 paires dorsales mais nous devons ici en éliminer une, celle que j'appelle itérale, puisque la paire itérale est faible, postlarvaire. Sa faiblesse lui impose de disparaître avant les autres lorsqu'il y a régression numérique. Les 3 paires qui restent, de l'arrière à l'avant, sont la fastigiale, la tectale et la prorale. Elles correspondent par conséquent à ms_2, ms_3, et ms_4, dans l'ordre.

Il n'y a rien de surprenant à ce que chacune de ces trois paires soit réduite à un seul poil, soit parce que chaque poil ms_2, ms_3 ou ms_4 représente une paire coalescente, soit plus probablement parce que l'un des poils de la paire, moins fort que l'autre, a disparu dans le processus général de régression numérique. D'une telle disparition nous connaissons beaucoup d'exemples aux pattes et au palpe.

Ainsi la mandibule de *Pterochthonius* nous montre exactement les six poils dorsaux les plus forts d'un appendice quelconque, ceux qui sont d'origine larvaire. Elle représente un cas d'une simplicité théorique.

Le nombre 4, pour celui des poils du mors fixe, chez *Pterochthonius*, n'est donc pas fortuit. Dès lors il n'est pas vraisemblable qu'il le soit pour celui des lobes, ou des dents, dans le type *Cosmochthonius*, d'autant plus que l'on compte aussi quatre dents au mors fixe de *Camisia segnis* et de beaucoup d'autres Oribates à mandibules ordinaires.

On est conduit de cette manière à concevoir que le mors fixe des Oribates n'est pas en général un poil simple hypertrophié, mais est un poil multiple, son hypertrophie comportant la soudure des poils dorsaux qui appartenaient jadis au *tibia* et au *tarse* de l'appendice mandibulaire. Les dents du mors fixe auraient été primitivement les extrémités de ces poils et l'on pourrait espérer, en partant du nombre 4, leur donner des notations rationnelles. Quant aux dents du mors mobile, elles résulteraient des précédentes par coaptation.

De ce que le nombre 4 est déterminé par la chætotaxie primitive et la faiblesse des poils itéraux, nous ne pouvons déduire qu'il se rencontre nécessairement à toutes les mandibules primitives. Dans certains groupes d'Oribates, ou seulement chez d'autres Acariens actinochitineux, la régression numérique est peut-être allée plus loin que nous l'avons supposé. Si elle avait déjà supprimé un ou plusieurs des 4 poils, ou tous, avant que l'orthogenèse formatrice de pince ait commencé d'avoir lieu, le mors fixe résulterait de la soudure d'un nombre de poils inférieur à 4, ou serait un poil simple, ou manquerait. Plusieurs de ces cas existent réellement.

L'article principal de la mandibule, chez *Pterochthonius*, à cause des 6 poils qu'il porte, est nécessairement la somme d'un fémur, d'un génual, d'un tibia *et d'un tarse*. Donc le doigt mobile, contrairement à l'opinion généralement admise, n'est pas homologue d'un tarse, mais de l'article suivant, le terminal primitif, ou ambulacre, c'est-à-dire du très petit article, profondément modifié, qui porte les ongles des pattes. Le doigt mobile de *Pterochthonius* étant fait comme

celui des autres Acariens actinochitineux, cette importante conclusion est générale. On y arrive autrement de plusieurs manières (M. Vachon, F. Grandjean), mais il n'est pas inutile de multiplier les voies. Qu'il suffise de compter les poils, comme nous avons pu le faire encore, grâce à *Pterochthonius*, est un succès pour la chætotaxie comparée. Rien ne montre mieux l'importance des poils, le parti qu'on en peut tirer pourvu qu'on soit toujours en orthotaxie, et combien il est légitime de les qualifier d'organes.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez le* Coronilla minima *L.* Note de M. **René Souèges**.

Il existe des Papilionacées chez lesquelles la séparation de la cellule embryonnaire proprement dite et du suspenseur ne se produit pas ou n'apparaît pas nettement dès les premières segmentations. Tel serait le cas de certaines Hédysarées. Chez l'*Onobrychis* (*petræa* Desv.), d'après L. Guignard [1], le proembryon prend tout d'abord une forme globuleuse qui ne permet pas d'y reconnaître deux régions distinctes, et c'est pour cette raison que l'embryon de cette plante a été longtemps considéré comme le seul exemple connu, chez les Dicotylédones, d'embryon dépourvu de suspenseur. Chez l'*Hedysarum coronarium* L., le proembryon revêt une forme allongée, comme chez le *Medicago*, mais la séparation du suspenseur *s. stricto* et de la partie exclusivement embryonnaire ne se produit qu'après un accroissement marqué du suspenseur et une avance déjà très accentuée de la segmentation dans la cellule embryonnaire proprement dite. Entre ces deux plantes, ...s'observerait « toute une série de formes intermédiaires dont les *Desmodium*, les *Coronilla*, l'*Arabis* (*hypogæa* L.) nous fournissent des exemples ».

On voit, de la sorte, quelles importantes questions restent à résoudre au sujet de ces plantes. Il faut déterminer exactement le mode d'individualisation de la cellule mère de l'embryon, ses rapports avec le suspenseur, les lois qui président, dans son intérieur, à la segmentation et l'origine des régions fondamentales du corps. Il convient, en outre, de connaître les relations embryogéniques véritables que ces plantes offrent avec d'autres espèces de la famille et la place qu'on peut leur assigner dans le système périodique.

Une tétrade de forme globuleuse (*fig.* 4) se constitue, chez le *Coronilla minima*, par division longitudinale de la cellule apicale et de la cellule basale. Dans cette dernière cellule, la segmentation semble ensuite plus rapide, mais, après la 4e génération cellulaire, elle procède beaucoup plus lentement; elle aboutit finalement à la formation d'un suspenseur aplati, étroitement appliqué contre la paroi du sac et composé de gros macromères toujours bien distincts des micromères produits par la cellule apicale.

Les deux cellules juxtaposées, filles de la cellule apicale (*fig.* 6), se segmentent par de

[1] *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6e série, **12**, 1881, p. 126.

nouvelles parois verticales, tantôt en même temps (*fig.* 7, 8), tantôt l'une après l'autre (*fig.* 9, 10), et donnent 4 quadrants disposés dans un plan horizontal autour de l'axe, nettement homodynames (*fig.* 11). Les cloisons qui s'établissent dans les quadrants sont toujours anticlines. Quand elles prennent, dans les 4 quadrants, une direction horizontale, il se différencie 8 octants régulièrement distribués en deux étages, *l* et *l'* (*fig.* 12 et 13). Mais il n'en est pas toujours ainsi. Dans le proembryon figuré en 14 et 15, les deux quadrants antérieurs (*fig.* 14) se sont divisés par une cloison à direction verticale, tandis que les deux quadrants postérieurs (*fig.* 15) se sont partagés par des cloisons à direction horizontale, faisant apparaître 4 octants en deux étages. En 16 et 17, la cloison a pris une direction verticale dans le quadrant antérieur droit, horizontale dans les trois autres. En 18 et 19, seul le quadrant antérieur droit s'est cloisonné horizontalement, les trois autres verticalement.

Les figures 17 (à g.), 18 et 19 (à g.) montrent comment procède la segmentation dans les octants ou dans les blastomères homologues; elle conduit à la séparation, au voisinage du suspenseur, d'une couche cellulaire *p'* (*fig.* 20), qui, plus tard, après formation de

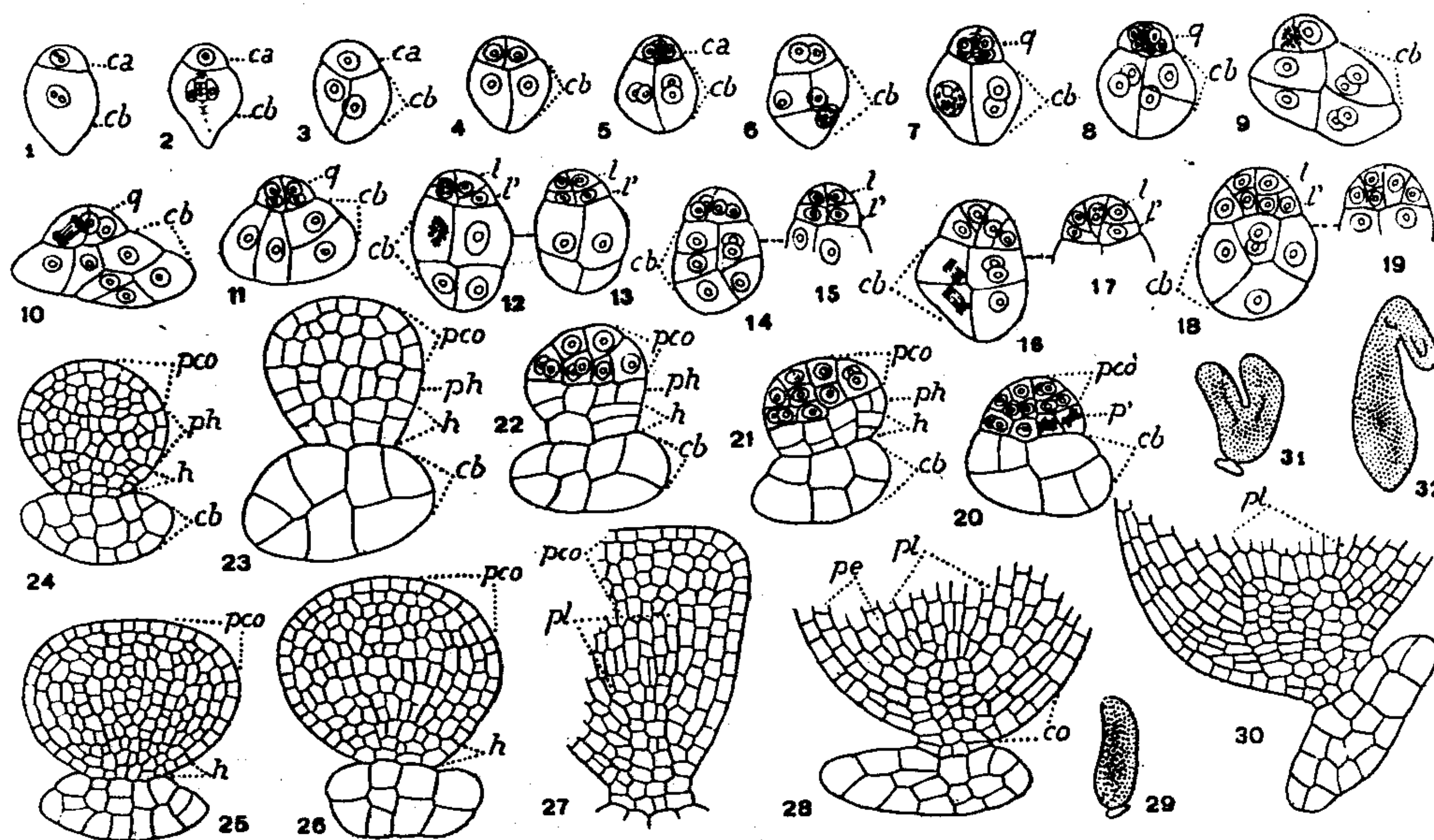


Fig. 1 à 32. — *Coronilla minima* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou suspenseur *sensu tricto*; *q*, quadrants; *l*, octants supérieurs; *l'*, octants inférieurs; *p'*, assise engendrant la partie hypocotylée, *ph*, et la région hypophysaire, *h*; *pco*, partie cotylée *sensu lato*; *pl*, plérome; *pe*, périblème; *co*, coiffe. En 12 et 13, les deux coupes voisines d'un même proembryon; de même en 14 et 15, 16 et 17, 18 et 19. En 29 et 31, aspect général des formes d'où sont tirés les détails des figures 28 et 30. En 32, embryon subadulte. — G. = 260; 130 pour les figures 24 à 28 et 30; 24 pour les figures 29 et 31.

parois transversales, engendre deux nouvelles assises *ph* et *h* (*fig.* 21) génératrices, la première de la partie hypocotylée, la deuxième du massif hypophysaire. Lorsqu'il se différencie 8 octants en deux étages, il est évident que l'assise *p'* provient des octants inférieurs. Le groupe cellulaire qui se constitue au sommet, au-dessus de l'assise *p'*, donne naissance à la partie cotylée. Il est difficile d'assigner des règles précises aux divisions qui se succèdent dans son intérieur. Les premières parois sont exceptionnellement périclines et le dermatogène n'apparaît définitivement individualisé, dans cette partie comme dans la partie hypocotylée, qu'au terme de la vie proembryonnaire (*fig.* 24 à 26).

Les éléments des assises *ph* et *h* (*fig.* 21 à 23) se multiplient par cloisons horizontales et verticales assez régulièrement orientées. Quand ils ont engendré deux ou trois nouvelles assises cellulaires, la ligne de démarcation des deux assises primitives devient indistincte (*fig.* 24); il est également impossible, à ce même moment, d'indiquer les limites exactes des parties cotylée et hypocotylée. Plus tard, seulement, au moment de la naissance des cotylédons, le plérome se montre séparé du périblème (*fig.* 26). L'organisation de l'extrémité radiculaire est tardive; on peut reconnaître assez longtemps un groupe cellulaire médian comportant des éléments en séries linéaires irrégulières aux dépens desquelles se différencient les initiales de la racine. En 28 et 30, on peut assister à la génération des parties latérales de la coiffe.

Ce qui doit surtout être retenu de ces observations, c'est la formation d'une tétrade comportant deux cellules supérieures semblables juxtaposées, aux dépens desquelles se constituent 4 quadrants, par divisions verticales, et même, à la période suivante, dans les cas les plus réguliers, 8 octants par segmentations transversales des quadrants. Par là, le *Coronilla minima* se rapproche des espèces du 1[er] groupe embryogénique; d'autre part, par les destinées de la cellule basale, il se rattache, comme le *Trifolium minus* et le *Genista tinctoria* [2], au mégarchétype VI. Il vient ainsi occuper, dans la classification périodique, la place, libre encore, correspondant à ce mégarchétype et au 1[er] groupe embryogénique; il devient le représentant (à titre de type irrégulier toutefois étant donné le caractère aberrant de certaines de ses formes) d'une famille embryogénique nouvelle dont l'archétype véritable comporterait des formes de régularité constante dérivant de la tétrade globuleuse caractéristique de la variante A, du 1[er] groupe du système périodique [3].

ÉCONOMIE RURALE. — *Expérience d'assèchement et de mise en culture d'un marais algérien, sans risque de contamination palustre.* Note de MM. **Edmond Sergent** et **Étienne Sergent.**

Les Algériens, colons d'origine européenne aussi bien qu'indigène, sont imprégnés de l'idée fataliste que le paludisme est inévitable. On entend couramment dire : « En Algérie, on n'échappe pas aux fièvres ». Notre Maître, le Docteur Roux, nous avait suggéré de faire l'expérience suivante : chercher un domaine que le paludisme a rendu inhabitable et qui, par suite, est resté inculte. Y placer des cultivateurs indemnes de fièvre. Protéger les hommes et assainir le sol par les méthodes prophylactiques modernes. Montrer ainsi, par l'exemple, que l'on peut échapper au paludisme, vivre, fonder une famille, élever des troupeaux et produire des récoltes nourricières sur une terre restée jusque-là en friche à cause de son insalubrité. « Que votre expérience soit une leçon vivante. Le fait a plus de vertu que le précepte. Que la preuve éclate, de la possibilité d'un *assainissement sans risques, rapide et définitif* ».

---

(2) R. Souèges, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 79.
(3) R. Souèges, *Bull. Soc. bot. Fr.*, **88**, 1941, p. 602.

Pour cette expérience, l'État concéda à l'Institut Pasteur, en 1927, un marécage de 360 hectares que les hommes fuyaient par crainte du paludisme et d'où ils écartaient leurs troupeaux par crainte des piroplasmoses. Situé dans la Commune de Birtouta, à 25^{km} d'Alger, il était inscrit sur les Registres de l'Administration des Domaines sous le nom de « Marais des Ouled Mendil ». Sur la carte au 50000^{e} du Service Géographique de l'Armée, datée de 1926 (feuille Kolea), il était représenté par les signes conventionnels (petits traits bleus horizontaux interrompus); en son milieu, un étang aux eaux permanentes, de 5 hectares, était indiqué par des traits bleus continus. Le marais occupait un bas-fond de la plaine de la Mitidja, où s'accumulaient, en plus des eaux pluviales (environ 800^{mm} par an), les eaux de ruissellement descendues des proches collines du Sahel, au Nord, et des lointaines montagnes de l'Atlas, au Sud. Il ne nourrissait que des ronces et des joncs, sans un arbre. Couvert d'eau pendant la saison pluvieuse, il était desséché, brûlé et crevassé par les chaleurs caniculaires : trop d'eau en hiver, pas assez en été.

L'étude épidémiologique préalable à la campagne antipaludique a porté sur les deux facteurs épidémiques actifs du paludisme : les porteurs de germes constituant le réservoir de virus, les gîtes à larves d'anophèles transporteurs de virus.

La condition nécessaire pour qu'une épidémie se développe en un lieu donné est que les deux facteurs actifs s'y trouvent réunis. Nécessaire, mais non point suffisante. L'observation montre en effet que des paludéens, porteurs de germes, et des anophèles, colporteurs de germes, s'ils sont peu nombreux, peuvent coexister dans un pays, sans constituer un péril immédiat pour la population encore saine. Les deux facteurs actifs ne deviennent réellement nocifs qu'à partir d'un certain degré de fréquence, d'abondance ou d'intensité; chacun présente ainsi un *seuil de danger*, au-dessous duquel son influence est négligeable; le risque d'épidémie naît, au contraire, lorsque l'un des facteurs croît jusqu'à franchir ce seuil. Inversement, il n'est pas indispensable qu'un facteur épidémique actif soit anéanti pour cesser d'être une cause d'infection; il suffit qu'il reste ou qu'on le maintienne au-dessous du *seuil de danger*.

L'indice endémique palustre (nombre pour cent des grosses rates paludéennes) était, chez les habitants des confins du Marais des Ouled Mendil, avant la campagne antipaludique, de 53 %. L'expérience nous avait enseigné qu'en Algérie le *seuil de danger* du réservoir de virus correspondait à un indice splénique de 10 %. On procéda donc à une campagne de prophylaxie médicamenteuse systématique de la population; de la quinine était distribuée, tous les trois jours, à tous les habitants voisins du Marais. L'indice endémique splénique descendit de 53 % à environ 6 % en quelques années. Le réservoir de virus avait été ainsi abaissé au-dessous du *seuil de danger*.

Le transmetteur de virus était, dans le Marais des Ouled Mendil, *Anopheles maculipennis* Meigen, variété *labranchiæ* Falleroni, l'anophèle le plus redou-

table de la région méditerranéenne. La suppression des anophèles a été obtenue principalement par l'application d'une mesure de comblement naturel, simple et économique, le colmatage. On a conduit, dans une série de bassins rectangulaires de retenue et de décantation, aménagés au milieu de la cuvette marécageuse et successivement mis en œuvre, les eaux torrentielles qui dévalent, chargées de terre et de sable, des collines du Sahel, au moment des pluies. De 1929 à 1934, date à laquelle le but visé a été atteint, 245 000 mètres cubes d'alluvions se sont déposés à l'intérieur de ces bassins; au niveau de l'épanchoir, les atterrissements ont surélevé le sol d'environ 90 centimètres. Ainsi on a pu contraindre le torrent dévastateur à rendre à la plaine ce qu'il prit à la montagne, effacer définitivement les creux où stagnait l'eau dangereuse, extirper le paludisme avec les anophèles, et, du même coup, rendre à la charrue des terres jusque-là incultes.

D'autre part, on a creusé, pour l'écoulement des eaux pluviales et de ruissellement, 42^{km} de drains, fossés et rigoles.

L'eau impossible à supprimer, des bassins, des drains et des colmateurs a été peuplée de petits poissons originaires du Texas, les gambouses (*Gambusia holbrooki* Grd.), insatiables dévoreurs de larves d'anophèles.

Dans les bas-fonds les plus difficiles à drainer, ont été plantés plus de 45000 arbres, surtout des *Eucalyptus algeriensis* Trabut, véritables pompes aspirantes vivantes, qui de plus, pendant la guerre, ont fourni tout le bois de chauffage nécessaire aux laboratoires de l'Institut Pasteur d'Algérie.

Ayant supprimé le marais de 360 hectares, on est parvenu à mettre en culture un vaste terrain improductif, que le paludisme rendait inhabitable à l'homme et les piroplasmoses aux bovidés. Deux fermes et 15^{km} de routes ont été construits, 5 puits ont été forés. Le terrain essarté et défoncé a été entièrement défriché et mis en culture. En 1946, ont été semés, pour l'alimentation des animaux de laboratoire, 163 hectares de céréales et 40 hectares de plantes fourragères (trèfle d'Alexandrie, luzerne, vesces et avoine, betteraves, maïs, etc.). Un vignoble de 10 hectares fournit le moût nécessaire aux cultures pures de levures de vin, ainsi qu'aux expériences de laboratoire. Pendant la guerre, 20 hectares ont été plantés de lin, dont la graine a été livrée à l'Administration, et la paille, rouie, nous a servi à préparer 130^{km} de bonne ficelle pour nos stérilisations et nos expéditions.

Cette expérience d'assainissement et de défrichement, commencée en 1927, était terminée en 1936. Le marais et l'étang qui figuraient sur la carte au 50000^e, dressée en 1926 par le Service Géographique de l'Armée, ont été effacés sur la carte dressée en 1936.

Vingt ans après le début de l'expérience, on peut en tirer la conclusion : aucun des pionniers qui ont débroussaillé, défoncé, drainé le Marais, aucun des ouvriers agricoles qui l'ont labouré, semé, moissonné, n'a eu le paludisme. Les Européens, neufs et sensibles au paludisme, qui constituaient les *sujets d'expérience*, et ont habité les deux fermes de jour et de nuit, étaient au nombre

de 46 : 31 adultes (15 hommes et 16 femmes) et 15 enfants âgés de moins de 15 ans. Parmi ces 15 enfants, 4 sont nés aux Ouled Mendil. La durée moyenne du séjour de ces habitants européens a été de 4 ans. Tous sont restés complètement indemnes de paludisme. Aucun des ouvriers indigènes, sédentaires ou de passage, n'a manqué à l'appel pour cause de fièvres. Aucun n'a signalé de cas dans sa famille. Des vaches laitières de races françaises, vaccinées contre les piroplasmoses par nos virus-vaccins, pacagent là où naguère on n'osait point, par crainte de ces maladies, mener les bœufs de labour.

Les salaires versés au personnel font vivre une soixantaine de familles, dont cinq de souche européenne, les autres de souche indigène. Les cultures vivrières contribuent à alimenter nos animaux servant aux expériences ou à la préparation des sérums et des vaccins.

Dans toute expérience on constitue un témoin. C'est pourquoi, lorsque nous avons entrepris, en 1927, l'assèchement et le défoncement du Marais des Ouled Mendil, nous avons laissé un coin de terrain (un peu plus d'un quart d'hectare) dans l'état même où nous l'avions trouvé. Nulle plante nouvelle n'y a poussé, qui n'ait été apportée par les vents ou par les oiseaux. Le contraste est saisissant entre ce fourré hérissé qui croît à sa guise, comme avant l'arrivée des Français, et les blondissantes moissons qui l'entourent.

[Des planches photographiques et deux cartes (1926, 1936) sont présentées et circulent en Séance.]

MICROBIOLOGIE. — *De l'influence sur la toxine pesteuse des filtrats de culture de* B. subtilis, *de* Penicillium notatum, *d'*Actinomyces griseus. Note de MM. **Gaston Ramon**, **Georges Girard** et **Rémy Richou**.

Au cours de ces derniers temps, il a été mis en évidence dans les filtrats de culture de *B. subtilis*, de *Penicillium notatum*, d'*Actinomyces griseus* et d'autres germes antagonistes encore, des principes « antidotiques » comme nous les avons dénommés, capables d'agir *in vitro* sur les exotoxines microbiennes telles que les poisons staphylococcique, diphtérique, tétanique, etc. pour les altérer et finalement les détruire ([1]).

D'autre part, il a été montré récemment que la toxine pesteuse, tout en étant de nature protéidique comme les exotoxines et se rapprochant d'elles par certains autres caractères tels que sa facile transformation en anatoxine sous l'influence combinée du formol et de la chaleur, sa thermolabilité relative, s'en distingue par des propriétés d'ordre immunologique. Elle provoque notamment la formation d'anticorps antibactériens différents des véritables antitoxines ([2]).

([1]) G. Ramon, et R. Richou *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 543 et 801; **221**, 1945, pp. 213 et 271; **222**, 1946, pp. 621 et 772; *Revue d'Immunologie*, **9**, 1944-1945, pp. 161-217; **10**, 1946 pp. 9-32; G. Ramon, C. Levaditi, R. Richou et Mlle J. Henry, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 82.

([2]) G. Girard et G. Sandor *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1078.

Il était intéressant d'étudier l'effet sur la toxine pesteuse, des filtrats de culture des germes antagonistes qui se montrent si actifs à l'égard des exotoxines vraies.

Dans ce but, nous avons entrepris plusieurs séries d'expériences. Seule l'une d'entre elles sera relatée ici.

On prépare des mélanges qui renferment tous : $0^{cm^3},5$ de toxine pesteuse (représentant 2 à 3 doses mortelles pour la Souris) et un volume égal de chacun des filtrats de culture de *B. subtilis*, de *Penicillium notatum*, d'*Actinomyces griseus* dont les propriétés antidotiques respectives étaient évaluées d'avance au moyen de la méthode établie tout dernièrement ([3]). Ces mélanges sont exposés à la température de 37°, les uns pendant 6 heures, les autres durant 24 heures. Chaque sorte de mélanges, différant par l'origine et la valeur des filtrats et par la durée du séjour à 37°, est injectée sous la peau de 3 souris. De plus, 3 souris reçoivent, à titre de témoins, les mélanges de $0^{cm^3},5$ de toxine pesteuse et de $0^{cm^3},5$ d'eau physiologique, conservés 24 heures à l'étuve à 37°.

Nous avons rassemblé en un tableau les détails et les résultats de ces expériences.

$0^{cm^3},5$ Toxine pesteuse, $0^{cm^3},5$ Filtrat *Subtilis* (40 unités antidotiques)	6 heures à 37°	Souris morte en 24 heures
		» » »
		» » »
	24 » »	» » »
		» » »
		» » »
$0^{cm^3},5$ Toxine pesteuse, $0^{cm^3},5$ Filtrat *Subtilis* (450 unités)	6 » »	» » »
		» » »
		» » »
	24 » »	» » 36 heures
		» » 3 jours
		Souris survivante après 4 jours
$0^{cm^3},5$ Toxine pesteuse, $0^{cm^3},5$ Filtrat *Penicillium* (30 unités)	6 » »	» morte en 24 heures
		» » »
		» » 36
	24 » »	» » 24
		» » »
		» » »
$0^{cm^3},5$ Toxine pesteuse, $0^{cm^3},5$ Filtrat Actinomyces (75 unités)	6 » »	» » »
		» » »
		» » 36
	24 » »	» » 24
		» » »
		» » 3 jours
$0^{cm^3},5$ Toxine pesteuse, $0^{cm^3},5$ Eau physiologique	24 » »	» » 24 heures
		» » »
		» » 36

([3]) G. Ramon et R. Richou, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 509.

Il ressort de ce tableau que les filtrats de culture de *Penicillium notatum* et d'*Actinomyces griseus*, utilisés dans nos expériences, n'ont pas été capables d'altérer sensiblement la toxicité, pour la Souris, de la toxine pesteuse. Seul un des filtrats de *B. subtilis* ayant un titre antidotique élevé (450 unités par centimètre cube) a eu une action appréciable sur cette toxine puisque des trois souris de ce groupe, l'une a survécu et les deux autres sont mortes avec un retard notable ([4]). Cette action, bien que nette, est relativement très faible surtout lorsque l'on sait que le même filtrat peut détruire en 24 heures à 37° des milliers de doses hémolytiques de toxine staphylococcique et une quantité de poison diphtérique correspondant à plusieurs centaines de doses mortelles pour le Cobaye.

Ainsi, la toxine pesteuse qui diffère des exotoxines véritables par divers caractères séro-immunologiques, s'en différencie encore par la façon de se comporter à l'égard des filtrats de culture des germes antagonistes tels que le *B. subtilis*, le *Penicillium notatum*, l'*Actinomyces griseus* ([5]).

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Théorie des surfaces et topologie restreinte du second ordre.* Note de M. Georges Bouligand.

Étant donné le trièdre $Oxyz$, j'appelle $M_1(x_1, y_1, z_1)$ le transformé de $M(x, y, z)$ par une homéomorphie telle qu'en donnant à M quelque mouvement ayant à tout instant une vitesse, une accélération déterminées, le mobile occupant au même instant la position M_1 prenne un mouvement de la même catégorie. Les homéomorphies à jacobien non nul de cette famille forment le groupe G_2 de la *Topologie restreinte du second ordre*, vis-à-vis duquel le théorème de Meusnier étendu à la géométrie des ensembles de points a un

([4]) Rappelons que si la pénicilline n'a qu'un pouvoir bactériostatique très réduit sinon nul à l'égard du bacille pesteux *in vitro* et totalement absent *in vivo* (E. Magrou, *Bull. Soc. Méd. militaire*, **39**, 1945, p. 68), le filtrat du *B. subtilis* est, par contre, doué de propriétés antibiotiques faciles à mettre en évidence *in vitro* vis-à-vis de ce germe (G. Ramon et R. Richou, *Revue d'Immunologie*, 9, 1944-1945, p. 183).

([5]) S'inspirant de nos recherches sur les propriétés antidotiques, Hauduroy et Rosset ont étudié l'action des filtrats de *Penicillium notatum* sur la tuberculine et ont fait connaître tout récemment (*Revue de la Tuberculose*, 10, n^os 5 et 6, 1946) que ces filtrats pouvaient détruire *in vitro* et *in vivo* la toxicité que possède la tuberculine pour les cobayes tuberculeux. Dans des essais que nous poursuivons en liaison avec M. Robert Debré et ses collaborateurs nous avons constaté que cette propriété antidotique, à l'égard de la tuberculine, des filtrats de *Penicillium*, est partagée, au moins *in vitro*, par les filtrats de *B. subtilis* et d'*Actinomyces griseus*. Ces constatations sont importantes du point de vue pratique. Du point de vue théorique il est intéressant de les comparer à celles que nous venons de faire en ce qui concerne la toxine pesteuse, car la tuberculine n'est pas, elle non plus, une exotoxine vraie, et cependant elle semble, au contraire de la toxine pesteuse, sensible aux principes antidotiques des germes antagonistes.

sens invariant ([1]). La présente Note se propose, par relativisation, de rallier à G_2 des notions classiques : *réseaux conjugués, lignes asymptotiques, réseaux orthogonaux, lignes de courbure* d'une surface. Et cela, grâce à la possibilité d'exprimer ces diverses notions en termes de la théorie du contact, en faisant intervenir des contacts d'ordre deux au plus.

A un point courant $M[u, v, z(u, v)]$ de la surface $z = z(x, y)$, j'attache une surface $z = \varpi(x, y; u, v)$ telle que $\varpi - z$ et ses dérivées premières par rapport à x, y s'annulent avec $x - u$, $y - v$; puis une surface $\gamma(x, y, z; u, v) = 0$ ayant M pour point conique, c'est-à-dire dont l'équation puisse s'écrire $\varphi_2[x - u, y - v, z - z(u, v)] = 0$, où φ_2 est une forme quadratique des variables explicitées, à coefficients fonctions continues de x, y, z, u, v, et telle qu'en égalant ces coefficients à leurs valeurs en M, le cône Γ du second ordre de sommet M ainsi obtenu (réel ou imaginaire) ne soit pas dégénéré.

Cela posé, la théorie annoncée reproduit l'appareil analytique du chapitre indiqué de la théorie des surfaces en remplaçant les plans tangents par les surfaces $z = \varpi$, les sphères tangentes par les surfaces $\Sigma_{uv\lambda}$ suivantes :

$$z - \varpi(x, y; u, v) - \lambda\gamma(x, y, z; u, v) = 0, \tag{1}$$

où λ est un nouveau paramètre; aux droites, se substituent les intersections de deux surfaces $z = \varpi$, à l'orthogonalité de deux directions issues de M, le fait de directions conjuguées par rapport à Γ. Considérons les formes bilinéaires

$$\chi(du, dv; \delta u, \delta v) = (\varpi - z)_{xx} du\, \delta u + (\varpi - z)_{xy}(du\, \delta v + dv\, \delta u) + (\varpi - z)_{yy} dv\, \delta v,$$
$$\omega(du, dv; \delta u, \delta v) = \gamma_{xx} du\, \delta u + \gamma_{xy}(du\, \delta v + dv\, \delta u) + \gamma_{yy} dv\, \delta v,$$

où, ayant effectué les deux dérivations notées par les indices, on fait $x = u$, $y = v$. Alors $\chi = 0$ étend la notion de tangentes conjuguées et $\omega = 0$, celle de tangentes orthogonales. Cela posé, on généralise comme suit :

1° Le théorème des asymptotiques. — *L'équation* $\chi(du, dv; du, dv) = 0$ *est à la fois celle des lignes de* $z = z(x, y)$ *osculatrices en tout point au pseudo-plan tangent* $z = \varpi$ *correspondant et celle des lignes dont les pseudo-tangentes sont osculatrices* $z = z(x, y)$ ([2]).

2° Le théorème des lignes de courbure. — *L'équation définissant le couple commun aux deux involutions* $\chi = 0$, $\omega = 0$ *et par suite les lignes qui sont à la fois pseudo-orthogonales et pseudo-conjuguées est aussi celle des lignes* L *telles qu'en chaque point courant* M, *la caractéristique de la* $z - \varpi - \lambda\gamma = 0$ *osculatrice à* L *en* M *admette* L *comme point multiple*.

Pour apprécier la portée de ces énoncés, il convient d'observer qu'on ne peut en général, par aucune transformation de G_2, ramener toutes les sur-

([1]) G. Bouligand, *Act. Scientif. et Indust.*, 184, 1934, p. 33; *l'Enseignement mathématique*, 36, 1937, pp. 14 à 17.

([2]) Dans cet énoncé et dans le suivant, l'emploi du préfixe pseudo est justifié par les explications données au troisième alinéa.

faces Π_{uv} à des plans et à plus forte raison toutes les surfaces $\Sigma_{uv\lambda}$ à des sphères. En effet, les Π_{uv} constituent une intégrale complète d'une équation aux dérivées partielles du premier ordre, et l'on sait qu'il n'y a pas en général de transformation ponctuelle la ramenant au type de Clairaut. D'autre part, le fait de supposer (1) résolue en z requiert, lors d'une opération de G_2, une nouvelle γ qui dépend en général de λ; ce qui, dans les conditions supposées, ne change pas les résultats.

ÉLECTRICITÉ. — *Nouvelle méthode pour effectuer les mesures polarométriques: applications.* Note ([1]) de MM. **Georges Reboul** et **François Bon**.

Dans les études polarographiques qui utilisent la polarisation d'électrodes à goutte de mercure, on applique généralement la méthode classique consistant à déterminer, en fonction de la différence de potentiel appliquée aux électrodes, les variations de l'intensité du *courant moyen* mis en jeu pendant la formation d'une goutte. Les courbes potentiel-courant ainsi tracées présentent pour certaine valeur du potentiel un *petit palier*, dont l'existence peut s'expliquer ([2]) en faisant intervenir l'oxygène dissous dans la solution électrolytique du voltamètre à goutte; les hauteurs de ce palier permettent de doser des substances électro-réductibles préalablement mélangées aux électrolytes utilisés.

Nous avons pensé qu'il y aurait avantage, pour la commodité et la sensibilité des opérations, à remplacer les déterminations précédentes par celles des variations, en fonction du temps, de l'intensité du *courant instantané* mis en jeu pendant la formation de la goutte. On substitue ainsi à la valeur globale d'une surface limitée par une courbe, la connaissance détaillée de la courbe elle-même.

Pour faire cette détermination, on dispose en série avec le voltamètre à goutte, une f. é. m. E et une résistance R aux bornes de laquelle est placé en dérivation un oscillographe cathodique. La tension entre les électrodes étant P, on a, à chaque instant, $P = E - Ri$, i intensité du courant instantané dont les variations sont données par la courbe de l'oscillographe.

Cette courbe ([3]) présente à son début des accidents a, b, c paraissant dus à des actions mécaniques qui accompagnent la formation de la goutte; leur rôle est d'ailleurs secondaire au point de vue qui nous occupe. Ces accidents initiaux sont suivis d'un semi-palier cd, puis d'un brusque ressaut de, après lequel l'intensité atteint une valeur maxima qui reste constante jusqu'au moment où la goutte se détache.

([1]) Séance du 28 avril 1947.

([2]) Heyrovsky, *Phil. Mag.*, 7, 1929, p. 951; Ilkovic, *Coll. Trav. Chim. Tchécoslovaquie*, 1936-1937.

([3]) Voir la figure, Note de M. François Bon, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 286.

L'existence du ressaut *de* paraît liée à celle du « petit palier » que l'on trouve dans la méthode classique; elle peut, elle aussi, s'interpréter en faisant intervenir l'oxygène dissous dans l'électrolyte utilisé. Quoi qu'il en soit, l'expérience montre que l'élimination de cet oxygène dissous (par barbotage prolongé d'un courant d'hydrogène, par exemple) retarde l'apparition du ressaut *de*, ce qui se traduit sur la courbe par un allongement du semi-palier *cd*.

De même l'addition de quelques gouttes d'une substance tensio-active (fuchsine, diamidophénol), en modifiant l'action produite par l'oxygène dissous, dans le voisinage immédiat de la goutte cathode, retarde l'apparition du ressaut et allonge *cd*.

Un résultat semblable est obtenu quand on remplace le mercure pur de l'électrode à goutte par du mercure souillé par un métal tel que le zinc, l'étain ou le plomb; plus la teneur en un de ces métaux est grande, plus le palier *cd* est long. Cet effet est sans doute dû à l'oxydabilité du mercure impur, cette dernière se traduisant, elle aussi, par des modifications, dans le voisinage de la cathode, de l'action produite par l'oxygène dissous. D'ailleurs si l'on dissout dans le mercure des métaux nobles, tels que l'or ou l'argent, l'oxydabilité de l'amalgame disparaît ou s'atténue considérablement et l'on constate que la longueur du palier *cd* est la même que si le mercure était pur.

Enfin l'accroissement de la résistance R en série avec le voltamètre, a pour effet de raccourcir le palier *cd*, tandis que sa diminution l'allonge.

Quelle que soit l'interprétation théorique de ces divers faits, ils ouvrent un assez vaste champ d'applications, notamment en ce qui concerne le dosage de substances capillairement actives ou cathodiquement électro-réductibles.

Ces dosages peuvent s'effectuer assez commodément puisque la synchronisation permet la photographie ou l'examen précis des courbes obtenues; d'autre part une augmentation du balayage, allongeant à volonté le palier *cd* à mesurer, permet d'accroître considérablement la sensibilité de la méthode. C'est ainsi que nous avons pu tracer des courbes d'étalonnage qui permettent de déterminer les très faibles quantités soit d'oxygène dissous dans l'électrolyte, soit de corps tensio-actifs mélangés à ce même électrolyte (dosage de colorants, de vitamines, de sérums sanguins, etc.).

La méthode permet aussi de se rendre compte de l'état de pureté d'un échantillon donné de mercure : on peut doser du zinc dans le mercure jusqu'à une teneur de l'ordre du millionième. La sensibilité de ces mesures est telle qu'on peut utiliser ce dispositif expérimental pour déterminer des vitesses de diffusion dans les liquides. Pour avoir, par exemple, la vitesse de diffusion du zinc dans le mercure, il suffit de relier le mercure de l'électrode à goutte avec l'une des extrémités d'un tube horizontal de longueur connue et rempli de mercure pur, on introduit à l'autre extrémité un peu de mercure souillé de zinc et l'on mesure le temps au bout duquel le mercure de la goutte accuse, par un allongement du palier *cd*, la présence de traces de zinc diffusées.

ATOMISTIQUE. — *Recherches sur un isotope durable de numéro atomique* 84. Note ([1]) de M. **Horia Hulubei** et M[lle] **Yvette Cauchois**.

Dans une Note présentée le 3 juin 1940 ([2]), nous avions annoncé quelques résultats préliminaires positifs d'une recherche d'un élément durable de numéro atomique 84. L'existence d'un tel isotope 84, envisagée comme possible par St. Meyer ([3]), L. Meitner ([4]), J. Schnitlmeister ([5]), entre autres, n'avait pu être prouvée par les travaux expérimentaux de F. Hevesy et A. Guenther ([6]) et J. Proszt et M. Vendl ([7]).

Notre détection était faite par le spectre d'émission X de souches provenant de minerais de Roumanie appartenant au genre des petzites. Les échantillons analysés n'émettaient que très peu de particules α et donnaient des raies $L\alpha_1$ et β_1 caractéristiques d'atomes 84 qui, vu l'activité α, ne pouvaient être du polonium. Nous savions en effet, à la suite d'une étude des spectres du polonium ([8]) ([9]), que les quantités de cet isotope susceptibles d'être décelées spectroscopiquement dans les mêmes conditions se manifestent par une activité α incomparablement plus forte.

Nous avons pu reprendre récemment ce travail interrompu en 1940 et préciser nos premiers résultats, grâce à des traitements chimiques plus poussés que ceux que nous avions eu le moyen de faire alors.

L'analyse a été faite, comme précédemment, à l'aide de spectrographes à focalisation, sur différents plans réticulaires de lames de quartz ou de micas. L'excitation cathodique est réalisée dans des tubes à rayons X ordinaires, déjà décrits ([9]), ou dans des tubes spécialement adaptés à l'étude des produits volatils.

Pour multiplier les recoupements, nous travaillons soit avec cathode à oxydes, comme en 1940, soit avec filament de tungstène ou de molybdène, soit en tube à gaz à cathode froide d'aluminium.

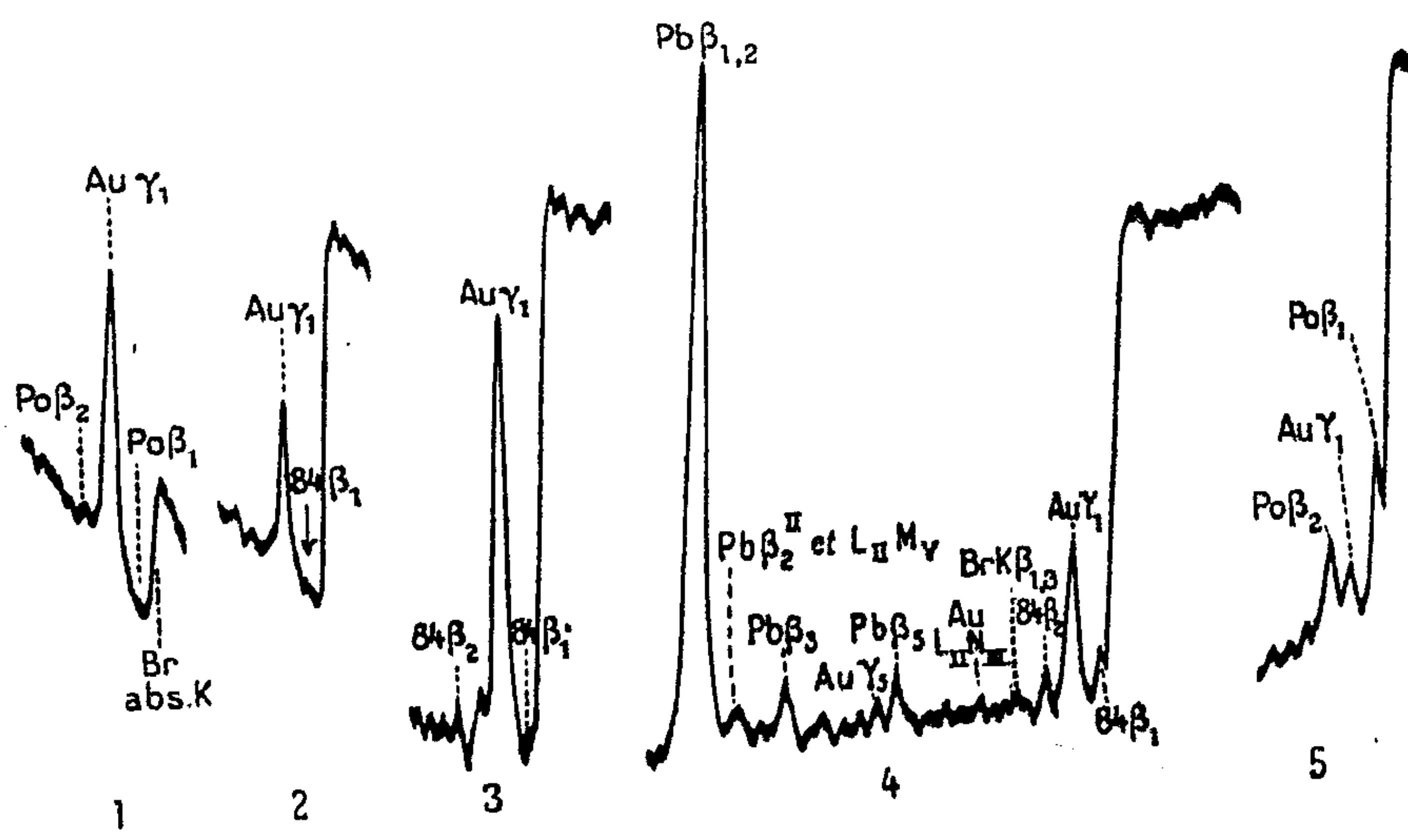
Nous avons obtenu l'indication d'un enrichissement en 84 durable dans nos produits, par des procédés classiques de la chimie du polonium. Nous décelons la présence des atomes 84 par les raies $L\alpha_1$, β_1, β_2, γ_1. Les microphotogrammes 2, 3 et 4 montrent, par exemple, l'effet de concentration sur les raies β_1 et β_2. L'isotope à analyser se trouve ici dans un mélange d'éléments lourds tels

---

([1]) Séance du 14 avril 1947.
([2]) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 761.
([3]) *Zeits. f. phys. Chem.*, **95**, 1920, p. 413.
([4]) *Naturw.*, **14**, 1926, p. 719.
([5]) *Ber. Wien. Akad.*, **147**, **11** A, 1938, p. 581.
([6]) *Nature*, **125**, 1930, p. 744; *Zeits. anorg. Chem.*, **194**, 1930, p. 162.
([7]) *Mitt. berg. Hut. Hochschule Berg-Fortwesen*, 1930, p. 314.
([8]) H. Hulubei, Y. Cauchois et S. Cotelle, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1204.
([9]) *Disqu. Mat. Phys.*, **1**, f. 1, 1940, p. 141.

que Au, Pb, Bi, Te, Ag, Zn, Se. Les quantités de substance initale dont nous disposions ne nous ont pas encore permis de pousser plus loin les traitements pour obtenir d'autres renseignements spectroscopiques, comme les crêtes d'absorption dont la mise en évidence demande des quantités absolues d'éléments et une concentration beaucoup plus grande que celles nécessaires pour obtenir les raies les plus fortes du spectre d'émission. Dans les conditions d'expérience nous avons généralement trouvé préférable d'utiliser les raies $L\beta_1$ et β_2 comme test de détection, quoique la raie α_1 soit respectivement 2 et 4 fois plus intense que β_1 et β_2, *pour des éléments purs*, dans cette région du système périodique. La composition globale des échantillons donne un coefficient d'absorption massique moyen de l'ordre de 60 au voisinage de β_1 (920 $u.x$) et environ deux fois plus grand au voisinage de α_1 (1111 $u.x$); ce qui peut expliquer que la réabsorption des raies β soit plus faible et favorise leurs intensités relatives par rapport à α_1. Nous avons de même observé que β_1 et β_2 apparaissent plus clairement que α_1 avec des souches de polonium impur contenant le même genre d'impuretés, en particulier de l'or et de l'argent.

Les microphotogrammes 1 et 5 ci-contre montrent pour comparaison avec l'isotope durable, les spectres $L\beta$ de deux préparations de Po, d'environ 400 et 10000 u.e.s. respectivement, plus ou moins pures.



1, Po 400 u. e. s.; 2, 3, 4, préparés de 84 durable résultants du traitement progressif d'un minerai; 5, Po 10000 u. e. s.

Des contrôles spectroscopiques rigoureux montrent que les raies obtenues sont bien celles émises par un élément 84. D'après notre expérience de la spectrochimie par ces méthodes et dans ce domaine, il nous semble que les minéraux traités qui nous ont donné des résultats positifs devaient contenir de 10^{-6} à 10^{-9} de 84 durable.

M. ALEXANDRE BIGOT fait hommage à l'Académie d'un fascicule extrait du *Bulletin de la Société Linnéenne de Normandie : Jacques-Amand Eudes-Deslongchamps*, 1794-1867, *Correspondant de l'Académie des Sciences.*

PLIS CACHETÉS.

M. LUCIEN LÉVY demande l'ouverture de deux plis cachetés reçus dans les séances des 11 octobre 1943 et 13 décembre 1944 et enregistrés sous les nos 11.927 et 12.023.

Ces plis, ouverts en séance par M. le Président, contiennent deux Notes intitulées *Note sur l'électron*, n° 1 et n° 2.

(Renvoi à la Section de Physique générale.)

CORRESPONDANCE.

M. PATRICK BLACKETT, élu Correspondant pour la Section de Physique générale, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

N. D. TOMACHOV. *La corrosion des métaux par la dépolarisation de l'oxygène* (en langue russe).

GÉOMÉTRIE. — *Sur la géométrie récente du tétraèdre.* Note (1) de M. VICTOR THÉBAULT, présentée par M. Élie Cartan.

1. Étant donné un tétraèdre $T = ABCD$ inscrit dans une sphère (O) de centre O, de rayon R, un point arbitraire P et quatre longueurs l_a, l_b, l_c, l_d, il est possible de déterminer huit points Q par où passent des axes Δ_a, Δ_b, Δ_c, Δ_d perpendiculaires aux faces BCD, CDA, DAB, ABC, sur lesquels P se projette orthogonalement en P_a, P_b, P_c, P_d et qui possèdent la propriété suivante.

THÉORÈME. — *Il existe quatre angles θ_a, θ_b, θ_c, θ_d tels que les cônes de révolution de sommets P_a, P_b, P_c, P_d, d'axes Δ_a, Δ_b, Δ_c, Δ_d et de demi-angles aux sommets θ_a, θ_b, θ_c, θ_d, coupent les faces opposées suivant quatre cercles* (C_a), (C_b), (C_c), (C_d) *situés sur une même sphère de centre* Q, *de rayon* $l_a \operatorname{tg}\theta_a = l_b \operatorname{tg}\theta_b = \ldots$, *et réciproquement.*

En effet, (x, y, z, t), (x_1, y_1, z_1, t_1) étant les coordonnées normales absolues de P, Q, pour que les cercles (C_a), (C_b), ... soient sur une même sphère en cause, il faut et il suffit que l'on ait

$$l_a^2 x_1^2 : (l_a^2 - x^2) = l_b^2 y_1^2 : (l_b^2 - y^2) = l_c^2 z_1^2 : (l_c^2 - z^2) = l_d^2 t_1^2 : (l_d^2 - t^2) = l_a^2 \operatorname{tg}^2\theta_a = l_b^2 \operatorname{tg}^2\theta_b, \ldots$$

(1) Séance du 28 avril 1947.

Or, les points Q dont les coordonnées normales sont proportionnelles à

$$\pm\frac{\sqrt{l_a^2-x^2}}{l_a},\qquad \pm\frac{\sqrt{l_b^2-y^2}}{l_b},\qquad \pm\frac{\sqrt{l_c^2-z^2}}{l_c},\qquad \pm\frac{\sqrt{l_d^2-t^2}}{l_d},$$

remplissent ces conditions et sont au nombre de huit.

2. *a*. *Sphères de Tücker*. — Si

$$P\equiv O(x=R\cos A,\ y=R\cos B,\ \ldots),$$

et

$$l_a=R\,\frac{[(1-m)^2\,\mathrm{tg}^2V+m^2]^{\frac{1}{2}}}{(1-m)\,\mathrm{tg}V-m\,\mathrm{tg}A},\qquad l_b=\ldots,\qquad l_c=\ldots,\qquad l_d=\ldots,$$

les points Q de coordonnées normales absolues

$$\pm R[(1-m)\sin A+m\cos A],\qquad \pm R[(1-m)\sin B+m\cos B],\qquad \ldots,$$

A, B, C, D étant les angles des faces BCD, CDA, ..., avec la sphère (O), V l'angle de Brocard de T, se confondent avec le point Q qui divise la distance OL du centre de (O) au *second* point de Lemoine dans le rapport $LQ:LO=m$ et ses sept *associés*. Dès lors, pour Q,

$$(1)\qquad \mathrm{tg}\,\theta_a=(1-m)\,\mathrm{tg}V-m\,\mathrm{tg}A,\qquad \mathrm{tg}\,\theta_b=(1-m)\,\mathrm{tg}V-m\,\mathrm{tg}B,\qquad \ldots.$$

et la sphère (Q, σ), de centre Q, dont le carré du rayon

$$\sigma^2=l_a^2\,\mathrm{tg}^2\theta_a=R^2[(1-m)^2\,\mathrm{tg}^2V+m^2]$$

est une sphère de Tücker de T ([2]).

Les associés du point Q sont les centres de sept autres sphères.

b. Si $P\equiv O$ et $l_a=l_b=l_c=l_d=R$, les huit points Q de coordonnées normales $\pm R_a$, $\pm R_b$, $\pm R_c$, $\pm R_d$, R_a, R_b, ..., étant les rayons des cercles BCD, CDA, ..., coïncident avec le point L et avec ses associés. Les coordonnées normales absolues de L étant

$$R_a\,\mathrm{tg}V,\ R_b\,\mathrm{tg}V,\ \ldots,\qquad (\mathrm{tg}V=12V:\Sigma ab'c'),\qquad \theta_a=\theta_b=\theta_c=\theta_d=V.$$

La sphère (L, σ) a pour centre L et pour rayon $\sigma=R\,\mathrm{tg}V$ (*seconde* sphère de Lemoine ou *des cosinus*) ([3]). Les sept sphères associées, centrées aux associés de L, ont pour rayons $\sigma_i=R\,\mathrm{tg}V_i$, où $\mathrm{tg}V_i=12V:\Sigma(\pm ab'c')$.

c. *Sphères de Tücker tangentes aux faces de* T. — En vertu de (1) leurs centres Q_i, situés sur OL, correspondent aux valeurs

$$\mathrm{tg}V:(\mathrm{tg}A+\mathrm{tg}V),\qquad \ldots,$$

de m et les rayons de ces sphères (Q_i) sont

$$\sigma_a=R\,\mathrm{s\acute{e}c}A\ \mathrm{tg}V:(\mathrm{tg}A+\mathrm{tg}V),\qquad \sigma_b=\ldots,\qquad \sigma_c=\ldots,\qquad \sigma_d=\ldots.$$

([2]) Cf. V. Thébault, *Comptes rendus*, 216, 1943, pp. 257-259.

([3]) P. Delens, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1151.

Elles touchent les faces BCD, CDA, DAB, ABC en leurs points de rencontre avec les droites joignant L aux sommets A′, B′, C′, D′ du tétraèdre tangentiel de T.

Si T est *isodynamique*, les sphères (Q_i) touchent les faces aux pieds des symédianes AL, BL, CL, DL.

N. B. — Dans un tétraèdre quelconque T, il faudrait appeler AL, BL, CL, DL *premières* symédianes et A′L, B′L, C′L, D′L *secondes* symédianes, à cause de l'analogie des propriétés fondamentales de leurs points avec celles des points des symédianes d'un triangle.

Si T est *isodynamique*, les symédianes AL et AL′, ... se confondent.

d. Dans un tétraèdre *orthocentrique* T dont le *premier* point de Lemoine est K, la sphère de centre $Q \equiv K$, de rayon (⁴)

$$\sigma = \frac{2\,\mathrm{ABCD}}{3\,\mathrm{V}(\mathrm{A}^2+\mathrm{B}^2+\mathrm{C}^2+\mathrm{D}^2)}(1-\cos^2 a\cos^2 a')^{\frac{1}{2}},$$

a, a' étant les dièdres suivant BC, DA, A, B, C, D les aires des faces, V le volume de T, correspond au point P de coordonnées normales

$$(\cos^2 a' + \cos^2 b + \cos^2 c + 2\cos a'\cos b\cos c), \qquad \ldots,$$

à la longueur $l_a = l_b = l_c = l_d = 2\,\mathrm{ABCD} : (\mathrm{A}^2+\mathrm{B}^2+\mathrm{C}^2+\mathrm{D}^2)$ et à l'angle $\theta_a = \theta_b = \theta_c = \theta_d$ pour lequel

$$\mathrm{tg}^2\theta_a = 1-\cos^2 a\cos^2 a' = 1-\cos^2 b\cos^2 b' = 1-\cos^2 c\cos^2 c'.$$

3. Dans le triangle, l'analogie est complète et conduit aux cercles de Tücker, de Lemoine, etc.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une classe de formes quadratiques extérieures et la géométrie fondée sur la notion d'aire.* Note de M. **Robert Debever**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Dans une Note précédente (¹) nous avons défini *a priori* une aire bidimensionnelle élémentaire dans une variété analytique V_4 par l'expression

$$(1.1) \qquad dS_2 = L(z^r, [dz^r dz^s]) \qquad (r, s = 1, 2, 3, 4),$$

où L est une fonction homogène et du premier degré en les composantes du bivecteur $[dz^r dz^s]$. L'expression (1.1) peut alors s'écrire comme une forme extérieure

$$(1.2) \qquad dS_2 = \Omega_2 = \frac{1}{2} L_{rs}(z^t, Z^{tu})[dz^r dz^s],$$

(⁴) V. Thébault, *Comptes rendus*, **218**, 1944, pp. 25-27. (*Il faut lire* $1-\cos^2 a\cos^2 a'$, ..., *au lieu de* $1-\cos a\cos a'$, ...).

(¹) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 887.

où $L_{rs} = \partial L/\partial z^{rs}$. Dans (1.2) les Z^{tu} sont proportionnels aux $[dz^t dz^u]$, de plus la nouvelle notation Ω_2 est introduite pour éviter toute ambiguïté dans le calcul de la différentielle extérieure de (1.2).

Il est toujours permis de supposer que la forme Ω_2 est de rang 2 et nous poserons

(1.3) $$\Omega_2 = [\omega^1 \omega^2],$$

où ω^1 et ω^2 sont deux formes linéaires en les dz^r.

A la forme (1.2) est associée d'une manière intrinsèque la forme quadratique extérieure

(1.4) $$\varpi_2 = \frac{1}{2} \frac{\sqrt{g}}{L} \overline{Z^{rs}} [dz^r dz^s].$$

La forme (1.4) est également de rang 2, et grâce aux hypothèses faites il sera toujours possible de trouver deux formes linéaires en les dz^r telles que

(1.5) $$\varpi_2 = [\omega^3 \omega^4]$$

et telles que les quatre formes ω^1, ω^2, ω^3, ω^4 soient linéairement indépendantes.

2. Si nous posons successivement

(2.1) $$\omega^r = a^r_s \, dz^s, \qquad dz^r = A^r_s \omega^s,$$

(2.2) $$a^{rs}_{tu} = a^r_t a^s_u - a^r_u a^s_t, \qquad A^{rs}_{tu} = A^r_t A^s_u - A^r_u A^s_t,$$

(2.3) $$\theta^{rs} \equiv \frac{1}{2} a^{rs}_{tu} \, dZ^{tu} \qquad (\text{mod.}\ \omega^1, \omega^2, \omega^3, \omega^4),$$

il nous sera toujours possible de satisfaire aux relations $\theta^{12} = \theta^{34} = 0$ et d'établir que les quatre formes $\theta^{i\alpha}$ ($i = 1, 2$; $\alpha = 3, 4$) sont linéairement indépendantes entre elles et des quatre formes ω^r. Nous pouvons ensuite montrer que l'on peut écrire

(2.4) $$d\varpi_2 = [\theta^{13} \omega^4 \omega^2] + [\theta^{14} \omega^2 \omega^3] + [\theta^{23} \omega^1 \omega^4] + [\theta^{24} \omega^1 \omega^3] + [\eta \varpi_2],$$

où η est une forme linéaire en ω^r, $\theta^{i\alpha}$, et

(2.5) $$d\Omega_2 = g_{i\alpha, j\beta} [\theta^{i\alpha} \omega^j \omega^\beta] \qquad (i, j = 1, 2;\ \alpha, \beta = 3, 4),$$

où

$$g_{i\alpha, j\beta} = \frac{1}{4} g_{rs, tu} A^{rs}_{i\alpha} A^{tu}_{j\beta}.$$

3. Si l'on se propose de traiter de l'équivalence ponctuelle des formes Ω_2 (formes de rang 2 et de classe 8), un problème algébrique préalable se pose : les formes Ω_2, ϖ_2, $[\theta^{\overline{i\alpha}} \omega^i \omega^\alpha]$ étant invariantes, il faut au préalable classer les formes quadratiques symétriques à quatre variables

(3.1) $$g_{i\alpha, j\beta} u_{i\alpha} u_{j\beta},$$

dans un groupe G_k de transformations linéaires qui est un groupe produit de

deux groupes de transformations linéaires unimodulaires opérant sur deux variables.

Les formes Ω_2 pour lesquelles la forme (3.1) correspondante est équivalente à une somme de quatre carrés dans le groupe G_k constituent une classe d'équivalence qui n'est autre que la classe que nous avons caractérisée par une autre voie dans notre Note précédente. Aux formes Ω_2 de cette classe correspondent les fonctions L qui ont été désignées par L_M.

L'application de la méthode de E. Cartan au problème de l'équivalence ponctuelle des formes Ω_2 du type indiqué permet, par la considération des équations de structure, de montrer que V_4 peut être regardée comme une variété d'éléments de contact bidimensionnels à connexion euclidienne.

4. Dans une variété V_n sur laquelle on se donne *a priori* une aire m-dimensionnelle élémentaire ($1 \leqq m \leqq n-1$) sous forme non homogène

$$(4.1)\quad dS_m = f(t^\alpha, x^i, x^i_\alpha)\,dt^1\ldots dt^m \quad \text{avec} \quad \alpha = 1, 2, \ldots, m;\ i = 1, 2, \ldots, n-m;$$

la classe d'équivalence envisagée ci-dessus peut se caractériser semblablement en considérant la forme de Legendre-Carathéodory ([2])

$$(4.2)\quad \left[\frac{\partial f}{\partial x^i_\alpha\,\partial x^j_\beta} - \frac{1}{f}\left(\frac{\partial f}{\partial x^i_\alpha}\frac{\partial f}{\partial x^j_\beta} - \frac{\partial f}{\partial x^i_\beta}\frac{\partial f}{\partial x^j_\alpha}\right)\right] u_{i\alpha} u_{j\beta}.$$

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur le couple de viscosité entre deux sphères concentriques*. Note ([1]) de MM. **Marius Aubert** et **Jean Villey**, présentée par M. Henri Villat.

M. Amédée Guillet ([2]) a observé entre deux sphères concentriques, avec un liquide visqueux interposé, quand l'une est animée d'une rotation uniforme lente autour d'un de ses diamètres, des couples très supérieurs à ceux prévus par le calcul classique. Des expériences récentes de M. Jacques Huetz ([3]), qui a vérifié ces anomalies, montrent d'ailleurs qu'elles disparaissent pour des viscosités suffisamment grandes.

a. Le calcul classique admet ou sous-entend :

1° que les équations linéaires de Stokes sont valables;

2° que les glissements sont nuls au contact des parois solides;

3° que les trajectoires sont des cercles centrés sur l'axe de rotation.

On peut alors classer les diverses causes possibles du désaccord.

I. Il est difficile d'évaluer les vitesses au-dessus desquelles les équations de Stokes, qui négligent les termes du second degré par rapport à la vitesse et à

([2]) *Acta Szeged*, 1929, pp. 193-216.

([1]) Séance du 21 avril 1947.

([2]) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1522.

([3]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 534.

ses dérivées partielles, cessent d'être une approximation légitime. Leur emploi serait en tout cas contradictoire avec des interprétations qui feraient appel à l'intervention des forces centrifuges.

Mais il est même permis de concevoir quelques doutes sur la légitimité de la notion de force de viscosité proportionnelle au gradient transversal de la vitesse, malgré son succès dans le calcul des écoulements capillaires de Poiseuille.

Dans le cas d'un gaz, ces forces sont une simple fiction. On considère un tronçon de filet et on l'assimile à un système matériel conservatif, bien qu'il échange de la matière avec le voisinage par agitation moléculaire. A ce soi-disant système conservatif on suppose appliquées des forces de frottement lui imposant les variations de quantité de mouvement qui sont en réalité dues aux échanges de matière. Ces forces fictives sont proportionnelles au gradient transversal de la vitesse et indépendantes de la pression.

Dans le cas des liquides, qui nous intéresse, les choses sont beaucoup plus complexes. A ces forces fictives, traduisant les échanges de matière, doivent se superposer des forces tangentielles réelles de glissement des molécules les unes sur les autres. Celles-ci s'apparentent plus ou moins aux forces de frottement entre solides, qui sont essentiellement fonction de la pression d'application mutuelle

II. Les équations de Stokes traitent le liquide comme un milieu continu pour introduire les dérivées partielles de la vitesse. Même si cette approximation se révèle satisfaisante dans la masse du liquide, on peut éprouver quelque gène à la conserver encore lorsqu'il s'agit de traduire les conditions aux limites au contact des parois solides dont le frottement ne peut s'analyser que par le mécanisme moléculaire.

III. Mais on peut chercher à expliquer le désaccord sans mettre en cause la légitimité des équations de Stokes, en admettant que les trajectoires ne soit pas les cercles du calcul classique. C'est l'interprétation que M. Henry de Boscq de Beaumont nous a proposée il y a quatre ans, en imaginant des trajectoires enroulées en hélices sur des surfaces toriques constituées par les cercles classiques, qui lui paraissent compatibles avec les équations de Stokes.

b. On peut examiner en soi cette hypothése sans aborder le problême de la légitimité des équations de Stokes et des conditions qu'elles peuvent imposer aux trajectoires. On observera d'abord que les trajectoires circulaires exigées dans le cas d'un cylindre de révolution infiniment long, symétrique par rapport à chaque plan perpendiculaire à l'axe, ne le sont plus dans le cas des deux sphères où seul le plan équatorial est un plan de symétrie. Cette symétrie conduit assez naturellement à imaginer comme trajectoires, dans l'une et l'autre calotte, les hélices indiquées ci-dessus, qui ne doivent pas traverser le plan équatorial.

Dans une première expérience, M. de Beaumont avait observé l'existence

de gradients de pression suivant les méridiens, croissant avec la vitesse de rotation, qui appuyait l'hypothèse de composantes méridiennes de la vitesse.

Il nous a paru utile d'en obtenir une vérification plus directe en provoquant des expériences pour l'observation visuelle des trajectoires à travers une sphère extérieure transparente. La description qu'en a récemment donnée M. Charron ([4]) paraît à première vue s'accorder avec les prévisions en cause.

Il y aurait un grand intérêt, pour éclairer définitivement le paradoxe de Guillet, à poursuivre ces expériences en vue de s'en assurer de façon plus précise et de contrôler s'il existe une série discontinue de régimes permanents possibles, correspondant à la condition de fermeture des filets, qui exige un nombre entier de spires pour un tour complet autour de l'axe de rotation.

c. Après avoir ainsi bien précisé tous les caractères de ces trajectoires, il restera à juger si elles sont compatibles avec les équations de Stokes, conformément à la thèse de M. de Beaumont, ou si elles mettent en défaut leur validité. Il est à noter que, aux viscosités élevées, M. Charron ([5]) a observé les trajectoires circulaires de la théorie classique, auxquelles correspondent les couples normaux alors constatés par M. Jacques Huetz.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Contribution à l'étude théorique de l'effet de puits.* Note ([1]) de M. **Jean Legras**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Il s'agit d'étudier l'écoulement plan permanent autour d'un profil aspiré, en supposant qu'il existe sur un arc du profil une répartition continue de puits (ou de sources). Soit θ le paramètre d'un point du profil (auquel correspond $Z = ae^{i\theta}$ sur le cercle transformé); la répartition des sources sera définie par le débit algébrique $2\pi ak(\theta)d\theta$ qui entre dans le profil par chaque élément de l'arc $\theta_i - \theta_0 \leqq \theta \leqq \theta_i + \theta_0$ qui représente la fente d'aspiration (ou de soufflage). Le potentiel complexe de cet écoulement est, évalué dans le plan Z,

$$(1)\qquad f(Z) = V_0\left(Z\,e^{-i\alpha} + \frac{a^2 e^{i\alpha}}{Z}\right) - \frac{i\Gamma}{2\pi}\log Z - \frac{i\Gamma_1}{2\pi}\log Z - aV_0\int_{\theta_i-\theta_0}^{\theta_i+\theta_0} k(\theta)\log\frac{(Z-a\,e^{i\theta})^2}{Z}\,d\theta.$$

Γ_1 est la correction de circulation, déterminée par la condition de vitesse nulle à la pointe.

L'expression (1) permet le calcul du débit Q, et des composantes tangentielle V_T (sens positif θ décroissant) et normale V_N (sens positif normal inté-

([4]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 373.
([5]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1098.
([1]) Séance du 14 avril 1947.

rieur) de la correction de vitesse due à l'aspiration

$$(2)\qquad V_T(\theta) = V_1(\theta) - \frac{\Gamma_1}{2\pi a} \qquad \text{où} \quad V_1(\theta) = -V_0 \int_{\theta_1-\theta_0}^{\theta_1-\theta_0} k(\varphi)\,\mathrm{cotg}\,\frac{\varphi-\theta_1-\theta}{2}\,d\varphi$$

(l'intégrale est prise en partie principale lorsque le point est intérieur à la fente);

$$(3)\qquad V_N(\theta) = 2\pi V_0 k(\theta) \qquad (\text{pour } \theta_1-\theta_0 \leqq \theta \leqq \theta_1+\theta_0).$$

Le coefficient de débit, positif pour une aspiration, est

$$(9)\qquad c_q = \frac{Q}{4aV_0} = \frac{\pi}{2}\int_{\theta_1-\theta_0}^{\theta_1+\theta_0} k(\theta)\,d\theta.$$

En tout point de la fente, une ligne de courant arrive au profil sous l'angle $\omega(\theta)$ défini par

$$(5)\qquad \mathrm{tg}\,\omega(\theta) = \frac{V_N(\theta)}{V_1(\theta)+V_T(\theta)},$$

où $V(\theta)$ est la vitesse en un point du profil lors de l'écoulement sans aspiration.

Cette équation définit $\omega(\theta)$, donc l'allure des lignes de courant à travers la fente en fonction de $k(\theta)$. On peut en particulier expliciter $V_N(\theta)$ et $\omega(\theta)$ en introduisant certaines solutions à 2 paramètres : à l'aide de la fonction type qui, définie sur un arc $(-\theta_2, \theta_2)$, est égale à $k(\cos\theta - \cos\theta_2)/(1-\cos\theta_2)$, nous construisons une solution somme de 3 fonctions du type précédent, définies sur les intervalles $(\theta_1-\theta_0,\ \theta_1+\theta_0)$, $(\theta_1-\theta_0,\ \theta_1)$, $(\theta_1,\ \theta_1-\theta_0)$ avec les constantes respectives k, k' et $-k'$. Ces constantes sont déterminées en fonction du débit et de la largeur de la fente, par l'équation (4) et en écrivant que la lèvre amont (soufflage) ou aval (aspiration) de la fente est point de vitesse nulle.

L'expression (I) permet, par application des formules de Blasius, de mettre en évidence une augmentation de portance $\rho V_0 \Gamma_1$ et une correction de traînée de valeur algébrique $\rho Q V_0$.

2. L'expression des vitesses sur le profil se simplifie pour une fente ponctuelle; nous sommes ainsi conduits à étudier un profil qui porte au point de paramètre θ_1 une source et un doublet d'axe tangent, de débit et intensité respectifs Q et I. On calcule facilement la vitesse en tout point du profil; l'accroissement du coefficient de portance ΔC_z ainsi que le déplacement ε du point d'arrêt sont définis par les formules suivantes, valables si la fente n'est voisine ni du bord de fuite, ni du bord d'attaque.

$$\Delta C_z = \Delta_1 C_z \left\{ 1 - \frac{I}{Q}\cdot\frac{1}{\sin\theta_1} \right\}, \qquad \varepsilon = \varepsilon_1 \left\{ 1 - \frac{I}{Q}\cdot\frac{1}{\mathrm{tg}\,\theta_1} \right\}$$

où

$$\Delta_1 C_z = -2c_q\,\mathrm{cotg}\,\frac{\theta_1}{2}, \qquad \varepsilon(\text{radians}) = \frac{4}{\pi}\,\frac{C_q}{\sin\theta_1}.$$

Une aspiration sur l'intrados augmente C_z et déplace le point d'arrêt vers l'intrados ([2]).

I/Q est en général négligeable et l'on peut ne pas tenir compte de l'effet de doublet pour les fentes habituelles.

3° Il est facile de lier I/Q aux coefficients k et k' de la solution utilisée dans la première partie. On peut ainsi calculer le champ théorique des vitesses d'un profil aspiré en tenant compte de la largeur de la fente.

Il faudra cependant vérifier chaque fois que l'allure des lignes de courant à travers la fente correspond à un écoulement acceptable.

([2]) Les valeurs $\Delta_1 C_z$ et ε correspondent au cas où l'effet de doublet est nul, cas étudié par M. Toussaint. (Voir *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 790.)

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la masse propre des mésons.* Note ([1]) de M. Antonio Gião.

Nous avons donné récemment ([2]) une théorie des nucléons (protons et neutrons) d'après laquelle ces particules ne sont pas élémentaires et doivent être considérées comme le résultat de la *fusion* (au sens de M. L. de Broglie) d'électrons, réalisée surtout pendant la phase en contraction de l'Univers qui a précédé la phase expansive ([3]). La masse propre et la charge électrique des nucléons est déterminée par l'équilibre : 1° entre le potentiel gravifique des corpuscules élémentaires (dont la fusion forme le nucléon) et le potentiel gravifique qui correspond à la densité fictive de masse représentée par la constante cosmologique λ_g de la théorie; 2° entre le potentiel électrostatique des corpuscules élémentaires et le potentiel électrostatique qui correspond à la densité fictive de charge représentée par la deuxième constante cosmologique λ_ω de la théorie.

Ces deux équilibres sont supposés réalisés au début de la phase expansive de l'Univers, et l'on obtient pour le rapport $m_p/(m_0)_e$ de la masse propre du proton à la masse propre de l'électron la formule $m_p/(m_0)_e = 4e^4/\pi K (m_0)_e^3 c^2 P_0$, où e est la charge de l'électron, c la vitesse de la lumière, K la constante newtonienne de la gravitation et P_0 le rayon de l'Univers de De Sitter-Lanczos, le plus proche de l'Univers réel et au début de sa phase expansive, c'est-à-dire

([1]) Séance du 21 avril 1947.

([2]) *Portugaliæ Physica*, 2, 1, 1946, pp. 1-98.

([3]) En désignant par l un nombre entier égal à 923 ± 1, par des flèches verticales les spins et par des crochets la fusion de couples de particules élémentaires, on aurait pour les neutrons N et protons P^+ les schémas

$$N = l[e^- + e^+]\uparrow\downarrow + [e_2^- + e_2^+]\uparrow\uparrow; \qquad P^+ = (l-1)[e^- + e^+]\uparrow\downarrow + e^+\uparrow,$$

où les e_2 sont des microélectrons du second ordre dont le spin est $\pm(1/4)$ (*Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 454). Ces schémas expliquent facilement les radioactivités β^- et β^+ quand on admet que la conservation de l'énergie est assurée par les paires de microélectrons.

pour une valeur τ_0 du *temps cosmique* τ telle que $(dP/d\tau)_{\tau_0} = 0$. La valeur expérimentale $m_p/(m_0)_e = 1847$ correspond à $P_0 \cong 5 \times 10^8$ parsecs, c'est-à-dire à l'ordre de grandeur généralement admis. Le fait que le proton est positivement électrisé s'explique par l'intervention de la constante cosmologique *électrique* λ_ω, caractéristique de notre théorie, où la métrique externe de l'espace-temps est aussi importante que sa métrique interne.

Comme le champ nucléaire peut être expliqué par la même théorie cosmologique, on doit pouvoir en déduire aussi les principales propriétés des particules (les *mésons*) qui correspondent à ce champ. Or, le fait bien établi que les valeurs expérimentales de la masse propre m_s des mésons ne varient que dans les étroites limites $m_p/8 > m_s > m_p/10$, est une indication suffisante pour pouvoir admettre que l'existence des mésons est liée à un processus important susceptible de se répéter fréquemment dans les mêmes conditions dans l'Univers actuel. Nous admettrons que *les mésons sont les particules qui résultent, par fusion d'électrons, quand les équilibres de potentiels, invoqués ci-dessus au sujet de* $m_p/(m_0)_e$, *ont lieu dans l'Univers actuel.* Le raisonnement qui aboutit à la formule de $m_p/(m_0)_e$ s'applique entièrement ici et donne la formule $m_s/(m_0)_e = 4e^4/\pi K(m_0)_e^3 c^2 P$ où, à la place de P_0, figure maintenant la valeur *actuelle* P du rayon de l'Univers de De Sitter-Lanczos le plus proche de l'Univers réel. D'après les valeurs expérimentales de m_s, on aurait donc actuellement $10 P_0 > P > 8 P_0$, ce qui n'est pas en désaccord avec les valeurs admises. On voit d'ailleurs que m_s doit diminuer avec le temps cosmique conformément à la formule $m_s = m_p[\cosh(c\tau/P_0)]^{-1}$, puisqu'on a, d'une part, $P = P_0 \cosh(c\tau/P_0)$, et d'autre part, $m_s = m_p$ pour $\tau = \tau_0$, d'après les formules pour $m_p/(m_0)_e$ et $m_s/(m_0)_e$. Comme ce sont les mésons qui assurent, par leur champ nucléaire (énergie de liaison), la stabilité des noyaux, ce dernier résultat explique la rapidité de la formation des éléments chimiques au début de la phase expansive de l'Univers, rapidité requise par les études sur l'âge de la Terre et du système solaire. En effet, dans le voisinage de $\tau = \tau_0$, la masse des mésons se confondait pratiquement avec la masse des nucléons (mésons et nucléons n'étaient alors que deux aspects de la même réalité), et il a dû en résulter une tendance à la réunion des nucléons et une stabilité des noyaux beaucoup plus grandes qu'actuellement.

Le même résultat sur la variation de m_s montre que la stabilité des noyaux doit diminuer constamment à mesure que le *temps cosmique* s'écoule, de sorte que dans un avenir très lointain les noyaux se désagrégeront, faute d'une énergie de liaison suffisante, et l'on reviendra à la nébuleuse généralisée de protons et de neutrons qui a dû exister déjà à une certaine époque de la phase de contraction de l'Univers. Cette nébuleuse tendra elle-même vers une nébuleuse électronique (et microélectronique), et pour $\tau \to +\infty$ tout corpuscule et tout contenu matériel et électromagnétique de l'Univers tendra vers zéro, comme cela eut lieu aussi pour $\tau \to -\infty$. C'est du moins ce que l'on peut déduire

de la solution de deuxième approximation des équations fondamentales de notre théorie ([4]). Terminons en suggérant qu'il n'est peut-être pas impossible de déceler, dans le rayonnement des nébuleuses spirales extrêmement lointaines, un effet de la variation cosmique de l'énergie de liaison des noyaux.

MAGNÉTISME. — *Mesures des susceptibilités principales du ferricyanure de potassium à des températures supérieures à la température ordinaire*. Note ([1]) de M. **Henri Masson**, présentée par M. Aimé Cotton.

On connaît un certain nombre de substances dont la constante de Curie varie brusquement de façon réversible à une température déterminée ([2]). Ce changement a été observé jusqu'ici sur des poudres. Il était intéressant de rechercher comment il se produit dans chacune des directions principales d'un cristal orienté.

Le ferricyanure présente ce phénomène au voisinage de la température ordinaire. Jackson, en 1933, a étudié les susceptibilités principales de ce corps entre 14° et 290°K. Au-dessus de 80°K. l'inverse de ces susceptibilités varie linéairement en fonction de la température. Pour l'axe *c*, le point correspondant à la température ordinaire se place nettement au-dessus de la droite. Une deuxième série de mesures a été faite par Jackson en 1938, dans laquelle cette anomalie n'a pas été retrouvée. J'ai prolongé les expériences de Jackson depuis la température ordinaire jusqu'à 410°K. environ.

Le ferricyanure cristallise dans le système monoclinique. Les cristaux sont presque orthorhombiques. Les directions principales sont très approximativement la normale au plan (100), l'axe *b*, l'axe *c*. En orientant successivement le champ dans chacune de ces directions, on peut mesurer les susceptibilités principales χ_1, χ_2, χ_3.

J'ai choisi pour les mesures, des cristaux aux faces bien réfléchissantes pour pouvoir les orienter par autocollimation. Les mesures ont été effectuées avec l'appareil à translation et le four à cloche de MM. Foëx et Forrer. Un support en argent fixait le cristal à l'appareil.

On peut admettre pour les températures une précision d'environ 1/2 degré. Pour les valeurs de $1/\chi$, l'erreur maximum est inférieure à 4/1000. La précision sur la constante de Curie ne semble pas dépasser 2 à 3 %.

Les ensembles de courbes I, II, et III du graphique ci-après correspondent respectivement aux cas où le champ est perpendiculaire au plan (100), parallèle à l'axe *b* ou à l'axe *c* du cristal. Les droites en pointillé sont relatives aux mesures de Jackson, celles en trait plein représentent mes résultats.

([4]) *Loc. cit.*, pp. 42 et suiv.

([1]) Séance du 21 avril 1947.

([2]) G. Foëx, *Journal de Physique et le Radium*, 2, 1931, p. 353.

Ces mesures donnent pour les différentes constantes de Curie :

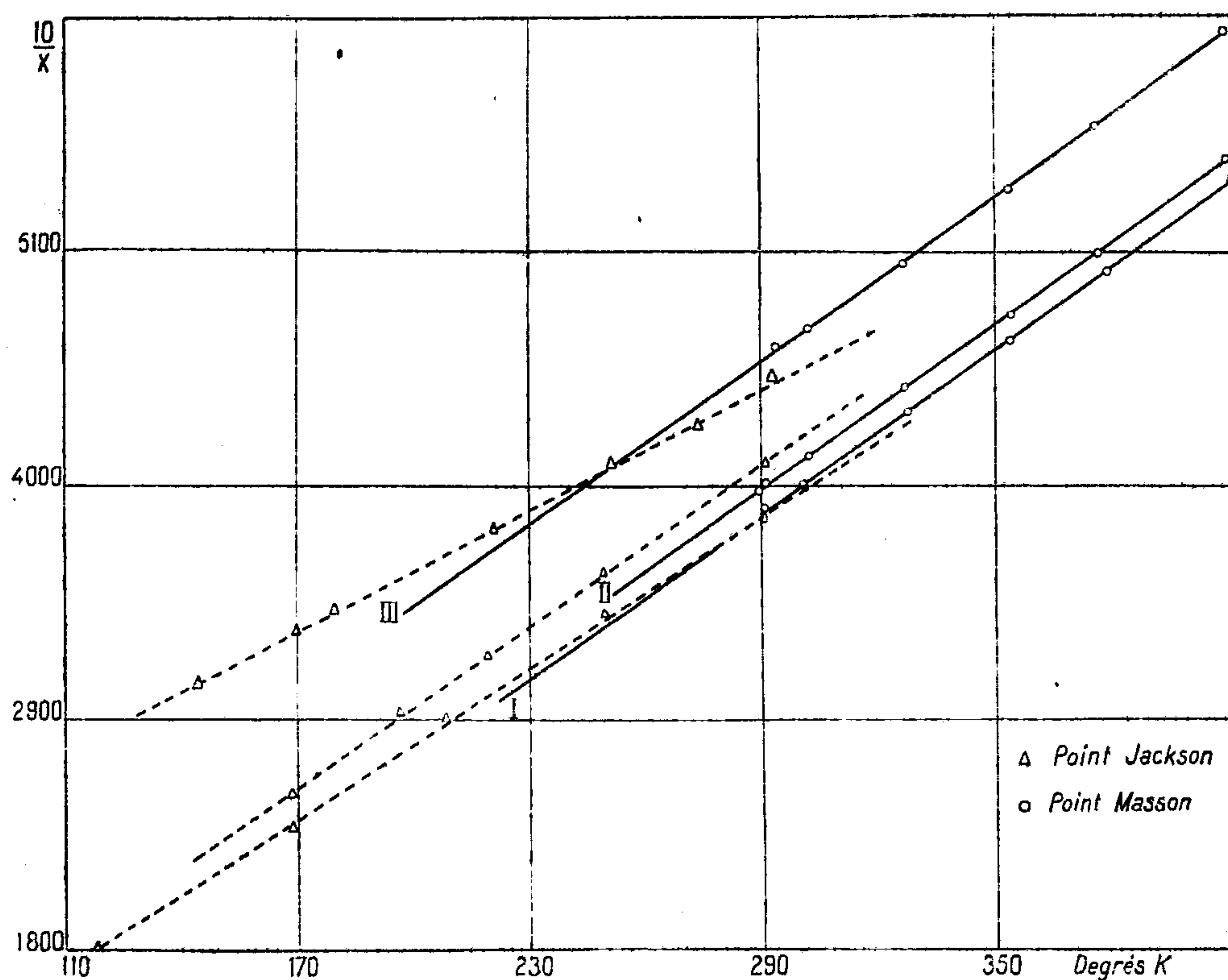
	C_1.	C_2.	C_3.	Poudre.
Jackson............	0,83	0,77	1,05	–
Masson.............	0,77	0,77	0,77	0,774

On peut conclure :

Au-dessus de la température ordinaire, les trois coefficients d'aimantation principaux varient suivant la loi $\chi(T-\theta)=C$ avec la même valeur de C et des valeurs de θ données ci-dessous

$$\theta_1=-8^\circ K,\qquad \theta_2=-17^\circ K,\qquad \theta_3=-63^\circ K.$$

Le changement de direction à la température ordinaire est très marqué



quand le champ est dirigé suivant l'axe *c* (courbes III). Sur les courbes I, il est visible. Quand le champ est dirigé suivant l'axe *b* (courbes II), le coude semble s'être produit à 70°K.

MAGNÉTISME. — *Le Grand Aimant permanent de Bellevue.* Note [1] de MM. **Salomon Rosenblum** et **Belling Tsaï**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans une Note antérieure [2] l'un de nous a indiqué qu'il serait possible de construire un aimant permanent pour focaliser les rayons α. L'intérêt d'un tel

(1) Séance du 28 avril 1947.

(2) S. Rosenblum, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 176.

instrument était double. D'un côté, la grande constance du champ dans le temps devait permettre de séparer des groupes de vitesses très voisines; d'autre part cet instrument donnait la possibilité de poses de très longues durées.

Pour nous convaincre qu'un tel instrument était réalisable, nous avons construit en 1937 une maquette au dixième de l'appareil projeté qui a confirmé nos prévisions. Le C.N.R.S. sous la direction de J. Perrin a accordé les crédits nécessaires sur une demande de M. A. Cotton et l'un de nous. Comme l'avait fait M. Cotton pour le Grand Électro-Aimant de l'Académie des Sciences, on a également construit une maquette de dimensions réduites dans un rapport voisin de 1/4.

Avec ces maquettes nous avions pu vérifier notamment la concordance des résultats basés sur le rapport de similitude. Nous avons constaté que la saturation était dans notre cas pratiquement atteinte avec 2000 AT/cm d'acier : le passage de 2000 à 6000 AT/cm ne procurant qu'un gain de 2 % sur la valeur du champ. La comparaison effectuée avec de nombreux aciers de provenances diverses a fixé notre choix sur l'Honial 2 d'Holtzer qui a les caractéristiques suivantes : $Br = 7400$, $Hc = 450$.

L'appareil est constitué principalement par deux noyaux polaires situés dans le prolongement l'un de l'autre. Pour permettre de le faire tourner autour d'un axe horizontal, les noyaux sont supportés par deux grands anneaux plats en acier doux de 4^{m} de diamètre disposés verticalement et qui forment la culasse; l'entrefer est réglable de 0 à 30^{cm} par le coulissage de l'un des noyaux polaires sur son support. Les noyaux polaires sont constitués par des cylindres en acier amagnétique de 120^{cm} de diamètre et de 76^{cm} de longueur renfermant chacun 5750^{kg} de barreaux en acier au Ni-Al de $2,1 \times 6,2 \times 38^{cm}$ empilés en deux couches et calés par du bois et du plâtre. Les pièces polaires en fer doux de 37^{cm} de hauteur ont une base circulaire de 120^{cm} de diamètre raccordée à une partie prismatique de 44×78^{cm} de surface qui détermine l'entrefer utilisé. L'enroulement d'excitation, à refroidissement par courant d'eau, comporte 145 tours, il est alimenté par un courant de 2100 A sous 300 V. L'appareil du poids de 70^{t} est installé dans une fosse de 1^{m} de profondeur pour mettre l'entrefer à une hauteur facilement accessible. La construction de l'aimant est due aux Établissements Alsthom et Holtzer.

L'aimant permanent dont la construction a été retardée par les événements est installé depuis 1946 à Bellevue. Une mesure de champs effectuée dans un entrefer de 18^{mm} a donné 13000 gauss (abstraction faite des parties voisines des bords jusqu'à 2^{cm} de ceux-ci); cette valeur ne varie que de quelques millièmes et nous pourrons la rendre plus uniforme encore par un profilage convenable des surfaces. Ce résultat est bien en accord avec les prévisions : la courbe que nous reproduisons sur la figure 1, qui se rapporte à la maquette approximativement au 1/4, permet de déduire ce que l'on peut obtenir de l'aimant permanent.

Depuis 1947, le laboratoire du Grand Aimant permanent, faisant partie du Groupe des laboratoires du C. N. R. S. à Bellevue ([3]), est en fonctionnement.

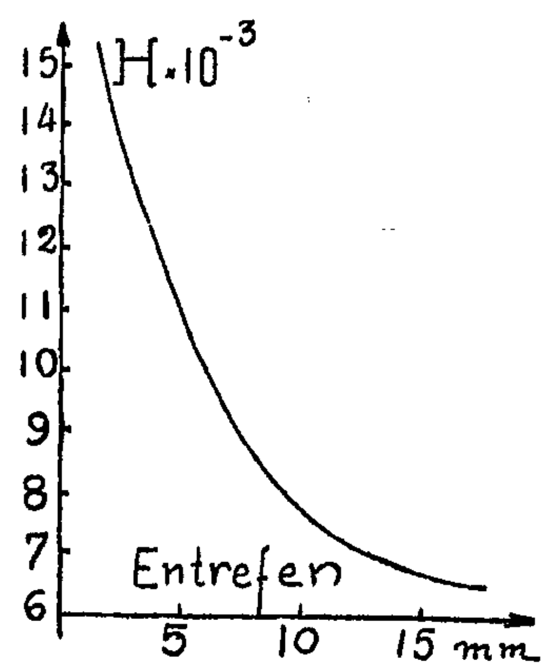


Fig. 1.

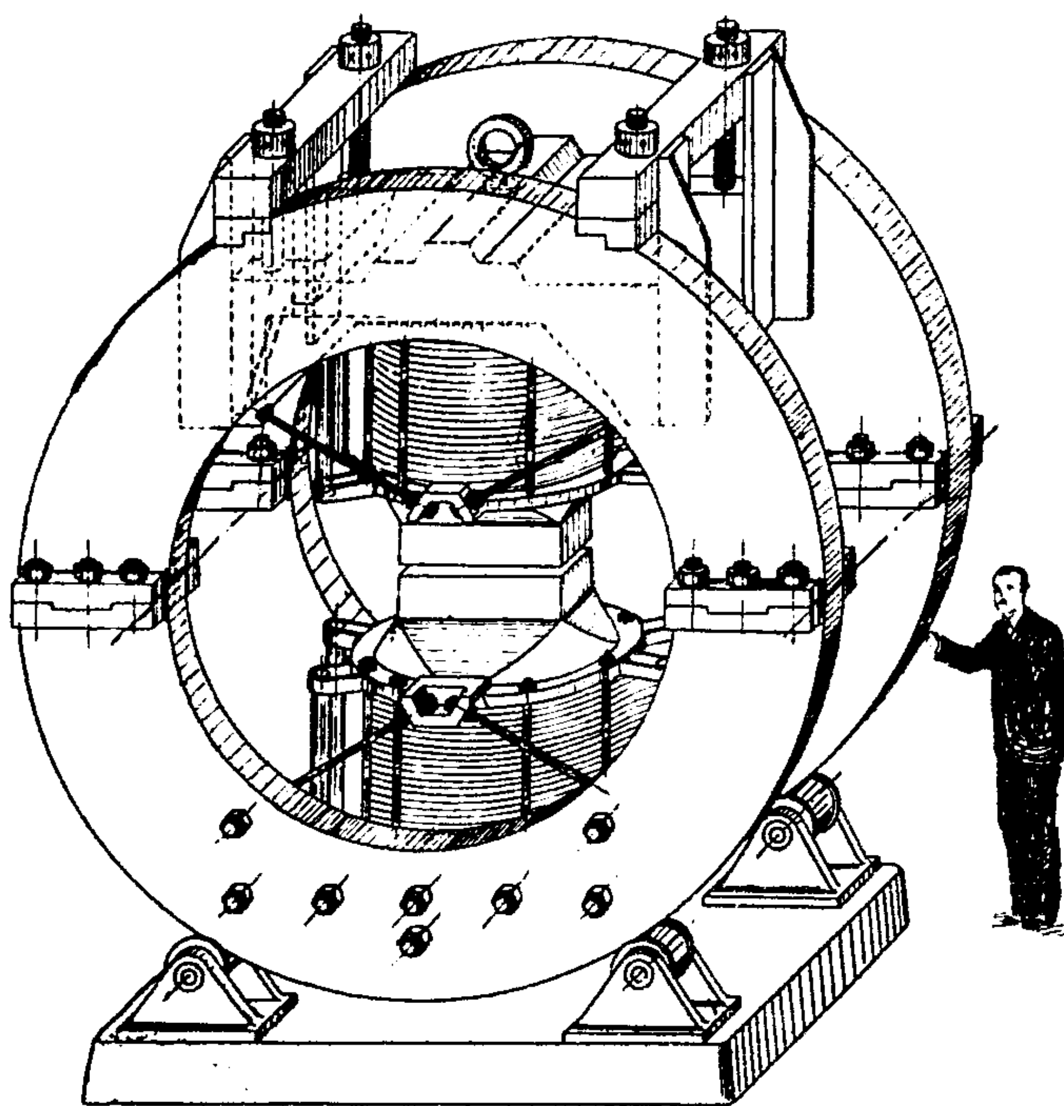


Fig. 2. — Grand Aimant permanent de Bellevue.

Des résultats intéressants ont déjà été obtenus dans le domaine de la spectroscopie des rayons α.

([3]) ROSENBLUM et TSAÏ, *Journ. Rech. C. N. R. S.*, n° hors sér. 1946 p. 16.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *De l'influence des perturbations magnétiques sur la vitesse des ondes courtes radioélectriques.* Note de M. **Nicolas Stoyko**, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'étude de la propagation des ondes courtes radioélectriques permet de déterminer l'influence des perturbations magnétiques sur leur vitesse apparente.

Pour cette étude nous avons divisé les résultats de réception de ces ondes en deux classes :

1° Ceux qui se rapportent aux ondes qui suivent l'arc de grand cercle le plus court (ondes directes) réunissant la station d'émission à l'Observatoire;

2° Ceux qui se rapportent aux ondes venant par l'arc de grand cercle le plus long (ondes de superpropagation).

Nous avons emprunté les données sur la situation magnétique aux *Annales de l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris,* d'après les observations faites au Val-Joyeux, et avons utilisé les résultats de réception des ondes courtes de 17^m à 35^m à Buenos-Ayres, Paris, Tokyo et Washington.

Les états de la situation magnétique ont été divisés en trois catégories :

a. Calme ou presque calme;

b. Peu agitée ou agitée;

c. Très agitée ou perturbation.

Pour la propagation directe, nous avons utilisé 4739 résultats couvrant la période 1931-1939, et, pour la superpropagation, 1403 résultats couvrant la période 1936-1939.

Nous avons trouvé les valeurs suivantes pour la vitesse apparente de propagation des ondes courtes :

	(*a*).	(*b*).	(*c*).
V_d........	275,660	272,577	272,090 km/sec.
V_s........	284,502	288,046	288,283 km/sec.,

où V_d est la vitesse de propagation directe et V_s celle de superpropagation.

On en conclut ainsi que la vitesse directe apparente diminue avec l'augmentation de l'agitation magnétique; la vitesse de superpropagation augmente, au contraire, avec l'agitation magnétique.

On remarque, de plus, que la vitesse apparente de superpropagation est toujours plus forte que la vitesse directe, comme nous l'avions déjà constaté antérieurement ([1]).

Comme la vitesse apparente directe (V_d) correspond au chemin le plus court de l'arc de grand cercle qui réunit la Station d'émission à l'Observatoire, chaque perturbation peut seulement augmenter la longueur du chemin parcouru. Autrement dit, la vitesse apparente doit diminuer, ainsi qu'il a été indiqué ci-dessus.

Pour les ondes de superpropagation le phénomène doit être inverse, étant donné qu'on utilise dans le calcul le chemin le plus long.

([1]) *Comptes rendus,* **220**, 1941, p. 784.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les cristaux d'amalgame de polonium et d'argent.* Note (¹) de Mlle **Catherine Chamié**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Il a été montré (²) que le mercure au contact d'une solution acide de polonium absorbe ce radioélément et que la répartition du polonium dans le mercure n'est pas uniforme. En versant ce mercure sur la gélatine de la plaque photographique, le polonium, en groupements discontinus, donne des images en étoiles dont les rayons représentent les parcours des particules α dans la gélatine. Pour expliquer comment les ions de polonium qui se déposent sur le mercure peuvent produire ces impressions photographiques, les expériences suivantes ont été faites :

1. *Diffusion du polonium à travers le mercure.* — On versait du mercure dans un cylindre creux de 1cm de diamètre recouvert à l'intérieur de papier photographique et fixé sur la gélatine de la plaque photographique. On déposait sur la surface de la colonne de mercure qui avait 1cm de hauteur quelques gouttes de solution HCl normale contenant environ 50 U.E.S. (84.10^{-10}g) de polonium. Après 15 à 20 minutes de contact, on enlevait le liquide et l'on développait la plaque et le papier qui donnaient les impressions discontinues des groupements de polonium. On peut conclure que le polonium déposé sur le mercure forme avec lui un amalgame dont les molécules s'associent en grains qui diffusent rapidement à travers la masse du mercure. On sait que l'amalgame de bismuth se sépare aussi du mercure à l'état de poudre.

2. *Fixation du polonium sur la gélatine.* — En mesurant après développement l'activité de la plaque photographique impressionnée, on constate qu'elle a retenu les grains de polonium qui se sont fixés sur la gélatine sous l'action de la pression exercée par le mercure et qui ne se sont pas détachés pendant le développement et le lavage de la plaque. En recouvrant la gélatine active par la gélatine d'une deuxième plaque, on obtient une deuxième photographie analogue à la première, et l'on peut en obtenir ainsi un grand nombre d'images semblables. Le mercure abandonne sur la gélatine environ un pour cent de la quantité totale de polonium qu'il a absorbé, et de ce fait il se désactive peu à peu pendant son contact avec la gélatine des plaques photographiques.

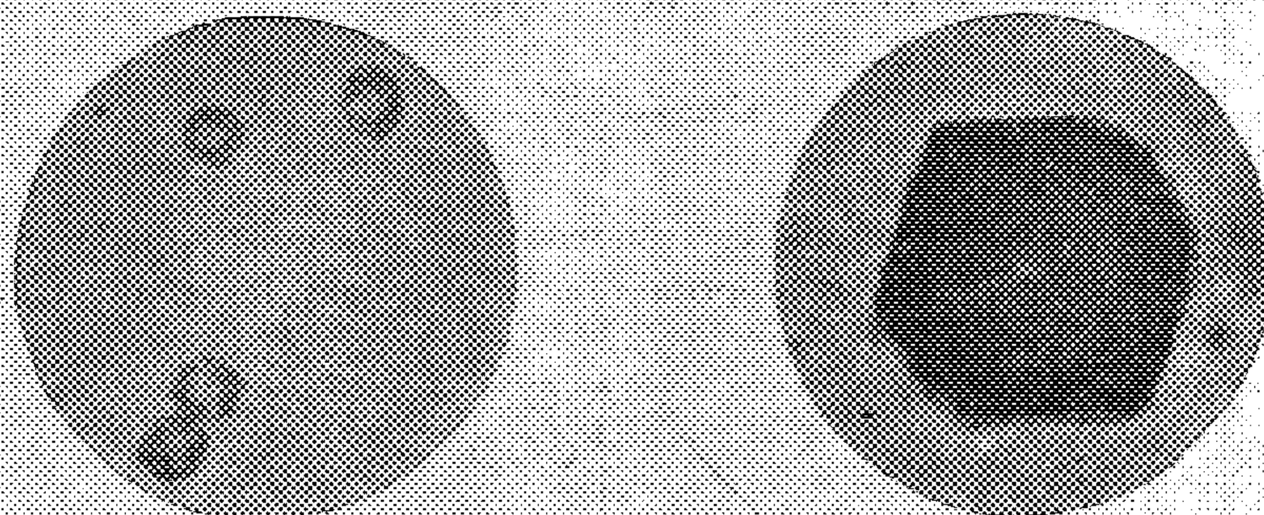
3. *Activation du mercure par le polonium déposé sur l'argent.* — On obtient les mêmes impressions photographiques des groupements de polonium en dissolvant dans le mercure sur le bain-marie une lamelle d'argent avec dépôt de polonium (30mg d'argent dans 18g. de mercure environ). Après refroidis-

(¹) Séance du 21 avril 1947.

(²) Mlle C. Chamié, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1243; *Journ. de Phys. et Rad.*, **10**, 1929, p. 44; Mlle C. Chamié et M. Haissinsky, *Journ. de Chim. phys.* (paraîtra prochainement).

sement on verse le mercure sur la gélatine de la plaque photographique en le filtrant à travers un entonnoir étiré. Comme l'argent est complètement soluble dans le mercure, on peut supposer que le polonium forme le même amalgame que dans le cas précédent et qu'il se comporte de la même manière.

4. *Cristaux d'amalgame de polonium et d'argent.* — En déposant sur l'argent des quantités environ dix fois plus fortes de polonium, nous avons trouvé avec le même mode opératoire que le mercure ne donnait plus, ou presque plus, d'images photographiques de groupements de polonium, mais qu'il abandonnait sur la gélatine des cristaux visibles à l'œil nu. Déposés sur une autre surface, ces cristaux seraient entraînés par le mercure pendant son déversement; on ne peut donc les déceler que sur une surface semblable à la gélatine à laquelle ils resteraient attachés. Au microscope ces cristaux présentent la forme parfaite du cube dont l'axe d'ordre trois est parallèle à la plaque (*fig.* 1).



Ces cristaux sont opaques et ont un reflet métallique. Dans chaque expérience tous les cristaux ont les mêmes dimensions (longueur de l'arête environ 15 microns). En changeant les conditions de chauffage et de refroidissement nous avons obtenu de gros cristaux dont les arêtes étaient dix fois plus grandes. La théorie de la formation du corps solide ([2]) peut s'appliquer à la formation des cristaux dans le mercure. Ces cristaux sont faiblement actifs et n'impressionnent pas la plaque photographique par le rayonnement des faces; le polonium doit donc se trouver à l'intérieur du cristal. Les dodécaèdres connus de l'amalgame d'argent répondant aux formules Ag_3Hg_2 ou Ag_2Hg_3 ne peuvent se former dans les conditions de nos expériences.

Conclusion. — 1° Le polonium forme avec le mercure un amalgame qui peut se séparer du mercure en grains probablement cristallins; 2° pour de fortes quantités de polonium, ces grains radioactifs peuvent servir de centres de cristallisation pour l'amalgame d'argent, à moins que les cristaux obtenus ne représentent un amalgame complexe de polonium et d'argent; sans argent ces cristaux n'ont jamais été obtenus.

([2]) M^lle^ C. Chamié, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 854, et *Journal de Physique* (sous presse).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Précautions à prendre dans l'interprétation d'un diagramme conductimétrique de réaction.* Note [1] de M. JEAN BYÉ, présentée par M. Paul Pascal.

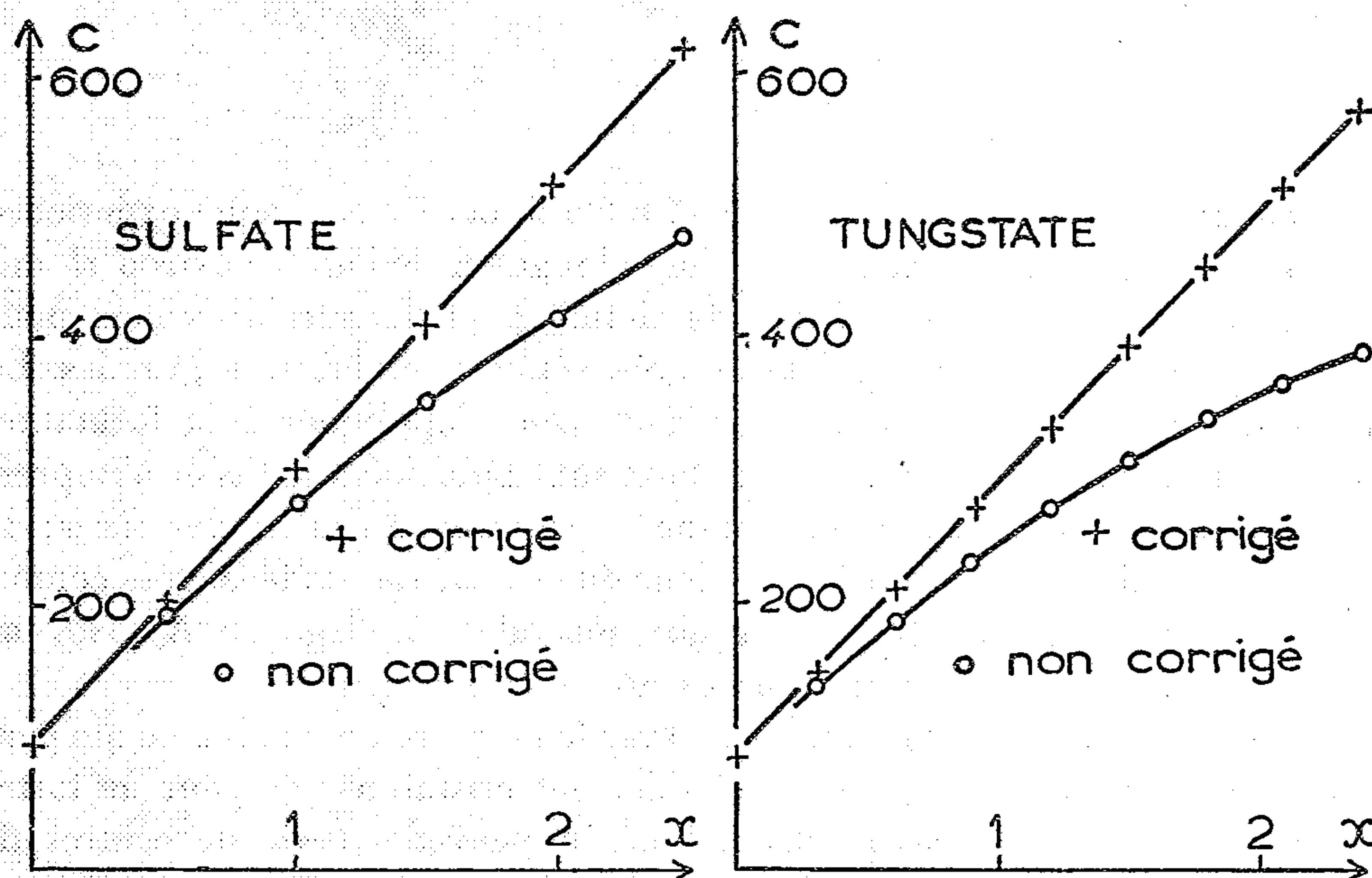
Pour mettre en évidence les réactions d'une solution A sur une solution B, on a souvent recours aux mesures de conductibilité. On postule d'une part *le caractère pratiquement total des réactions,* d'autre part *l'indépendance des mobilités des ions* (loi de Kohlrausch). Dans ces conditions, si la solution A est infiniment concentrée, on doit obtenir un diagramme constitué par des segments de droite. Si x représente le nombre d'équivalents de A ajoutés à un équivalent de B, une réaction déterminée se traduira par un segment de droite

$$C = a + bx.$$

En réalité, le rapport k de la concentration de B à celle de A n'est pas nul, et la portion de diagramme en question doit être un segment d'hyperbole

$$C = \frac{a + bx}{1 + kx}.$$

Le diagramme présentera donc une certaine courbure que nous appellerons *courbure de dilution.* Il est facile de la supprimer en multipliant les conductances par le



facteur $(1 + kx)$. Cette correction laissera cependant subsister deux autres types de courbure, l'un dû aux interactions ioniques (*courbure électrostatique*), l'autre à la non-totalité des réactions.

---

[1] Séance du 28 avril 1947.

Une courbe peut différer très peu d'une ligne polygonale et laisser supposer l'existence de brisures et par suite de réactions inexistantes. C'est ainsi que MM. L. J. Olmer et F. Fouasson ([2]) ont cru mettre en évidence la formation de sels basiques de sodium en solution. J'ai repris leurs mesures au sujet de l'action de la soude, 0,5 N (titre exact, 0,513), sur le sulfate de sodium 0,06 N, et sur le tungstate, 0,1 N. Le facteur k est assez élevé (0,117 pour le sulfate et 0,195 pour le tungstate), d'où une *courbure de dilution* importante que ces auteurs n'ont pas corrigée. Le graphique ci-joint reproduit mes résultats, soit bruts (cercles), soit corrigés de la *courbure de dilution* (croix). La température est de 25°C. Les ordonnées C sont égales au produit de la conductance de la cellule par un facteur tel que, pour $x = 0$, C soit égal à la conductibilité équivalente du sel. On voit que les résultats corrigés s'alignent, à la précision du graphique, sur une droite. On ne peut donc pas conclure à la formation de sels basiques.

Sans correction, on obtient une courbe. J'ai essayé d'ajuster sur cette courbe un diagramme polygonal présentant une brisure au troisième point expérimental ($x = 1{,}006$), et au cinquième ($x = 2{,}012$).

N° du point	1.	2.	3.	4.	5.	6.
C mesuré	96	192	275	350	416	476
C ajusté	97,7	188,7	279,7	348,7	417,7	476
Écart %	1,7	1,7	1,7	0,4	0,4	0

On voit que les écarts, bien que supérieurs aux erreurs de mesure en ce qui concerne la première branche, restent du même ordre de grandeur, d'où la possibilité de confondre une telle courbe avec une ligne brisée.

La *courbure de dilution* corrigée, il reste une légère courbure, non visible sur le graphique. Pour en donner une idée, j'ai comparé les ordonnées du graphique à celles de la droite joignant les points extrêmes. J'ai comparé les écarts à la linéarité à ceux que l'on observerait en remplaçant la solution de sulfate par un volume égal (170$^{cm^3}$) de soude de même titre, ou en remplaçant la soude par une solution équivalente de sulfate. Ces derniers éléments ont été calculés à partir des données des *International Critical Tables*.

	Sulfate + soude.			Soude + soude.	Sulfate + sulfate.
Volume ajouté.	Courbe.	Droite.	Écart.	Écart.	Écart.
10$^{cm^3}$	202	200	+2	+2	+3
20	307	304	+3	+4	+4
30	410	408	+2	+3	+4
40	514	512	+2	+2	+2

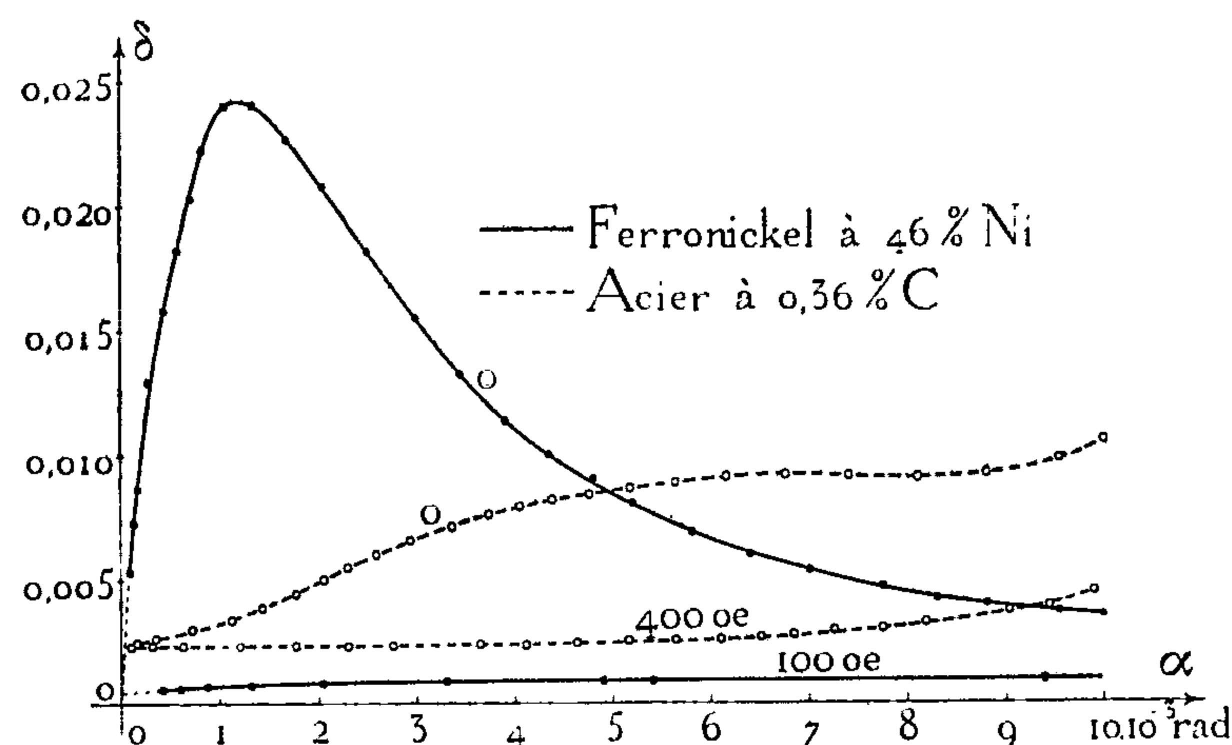
On voit que les écarts à la linéarité sont de même sens et du même ordre de grandeur dans les trois cas. Ils sont donc probablement attribuables à la même

([2]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1399.

cause (*courbure électrostatique*). Dans le cas du tungstate, on observe les écarts suivants, toujours positifs : 1, 3, 3, 4, 3, 2, 1. Aux concentrations étudiées, il n'y a donc pas lieu d'envisager la formation de sels basiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Frottement intérieur des métaux et des alliages ferromagnétiques*. Note (¹) de M. **Christian Boulanger**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Au moyen du micropendule de Coulomb en usage au laboratoire d'Imphy pour mesurer le frottement intérieur des alliages, j'ai entrepris d'étudier, avec le plus de précision possible, l'influence de l'amplitude à température ordinaire. Le domaine exploré s'étend jusqu'à 20.10^{-3} radian. Une telle torsion, appliquée à une microéprouvette mesurant 10^{mm} de longueur utile et $1^{mm},5$ de diamètre, impose aux fibres périphériques une contrainte au cisaillement $\mathcal{T}$ voisine de $13\,kg/mm^2$. Préalablement à ces expériences, l'appareil a reçu quelques perfectionnements de détail qui ont pratiquement élagué les deux principales causes d'erreur affectant les oscillateurs élastiques : dissipation d'énergie par ébranlement du support; écarts accidentels causés par les démontages et remontages successifs d'une éprouvette. Les courbes d'amortissement enregistrées sur papier sensible sont nettes au point de permettre d'évaluer le *décrément vrai* δ pour toute valeur, même très faible, de l'amplitude α.



Comme on le sait depuis longtemps, la courbe (δ, α) d'un métal ou alliage para ou diamagnétique est d'allure simple. Elle comporte un tronçon initial quasi rectiligne et peu incliné sur l'axe des abscisses, puis se relève rapidement une fois atteint le seuil de la torsion permanente. Si l'on fait alors décroître l'ampli-

(¹) Séance du 21 avril 1947.

tude, la courbe de retour se dispose au-dessus de la première, effet banal de l'écrouissage qui peut d'ailleurs être obtenu par des interventions mécaniques autres que la torsion.

Toute différente est la courbe (δ, α) d'un métal ou d'un alliage ferromagnétique. Avec un métal magnétiquement doux à l'état recuit : fer Armco, nickel, ferronickel réversible etc., le décrément δ croît d'abord très vite avec α (voir sur la figure les courbes repérées o), atteint un maximum, puis décroît jusqu'à un minimum coïncidant avec le seuil de la déformation permanente. Au delà de cette limite de réversibilité, la courbe (δ, α) se relève selon l'effet banal de l'écrouissage. Un retour en arrière fait apparaître un maximum de δ d'autant moins élevé et pour une contrainte $\mathfrak{T}$ d'autant plus grande que la torsion permanente a été plus intense.

Le moyen le plus simple de prouver que la singularité du maximum est bien liée au caractère ferromagnétique de l'alliage est de placer l'éprouvette dans un champ magnétique axial. Au fur et à mesure que le champ augmente, on voit la courbe (δ, α) s'abaisser dans son ensemble et le maximum s'aplatir au point de disparaître une fois l'alliage saturé (comparer dans la figure les courbes repérées 100 et 400 œrsteds, aux courbes repérées o, champ nul). Déjà Becker et Kornetski étudiant le fer ([2]) et Snœck le nickel ([3]), avaient observé un amortissement beaucoup plus faible à l'état aimanté. Mais, opérant sur des fils, c'est-à-dire sous faibles contraintes, ils n'avaient pas discerné l'évolution exacte de la singularité en fonction du champ.

Pour une contrainte $\mathfrak{T} = 1,5$ kg/mm² correspondant au maximum de δ, un champ de 100 œrsteds, qui suffit à saturer le ferronickel à 46 % Ni, en abaisse le frottement intérieur dans le rapport de 35 à 1. Ce rapport atteint 100 pour le nickel pur. De tels chiffres soulignent l'importance du phénomène. L'effet est qualitativement le même dans les aciers au carbone à l'état recuit, mais il est bien moins intense : quand la teneur en carbone croît, le maximum s'abaisse et se déplace du côté des contraintes élevées.

Ces résultats aident à comprendre la discordance des résultats obtenus par différents auteurs, opérant en général sur des alliages sidérurgiques. Enfin, la singularité de la courbe amortissement-amplitude me paraît un phénomène réciproque de la magnétostriction, et mes recherches actuelles concernent les relations entre ces deux propriétés des métaux et alliages ferromagnétiques.

Remarques de M. CHEVENARD *au sujet de la Note précédente.*

Les résultats de M. Ch. Boulanger attirent l'attention sur l'importance d'une technique expérimentale très précise dans les recherches sur le frottement intérieur des matériaux. Puisque l'étude des courbes (δ, α), avec toutes leurs

---

([2]) *Z. Physick*, **88**, 1934, p. 634.
([3]) *Physica*, **8**, 1941, p. 745.

singularités, se révèle fructueuse, il ne suffit plus de mesurer le décrément moyen entre deux oscillations séparées par un grand nombre de périodes, mais il faut évaluer le décrément vrai pour toute valeur de l'amplitude. Cette condition implique un haut pouvoir de résolution pour les diagrammes d'amortissement enregistrés par l'oscillateur.

D'autre part, l'énorme influence d'un champ magnétique sur le frottement intérieur de certains alliages conseille la prudence dans l'interprétation des résultats fournis par les appareils de mesure qui comportent un dispositif d'entretien électromagnétique.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Étude de la structure et des propriétés chimiques du dinaphtylène par la méthode des diagrammes moléculaires de mésomérie.* Note (¹) de M. **Camille Sándorfy.**

Le but de cette étude est d'établir la réactivité chimique du dinaphtylène d'une façon purement théorique.

Ce composé aromatique, découvert tout récemment (²), est formé de deux noyaux de naphtalène reliés entre eux par deux simples liaisons de la manière suivante (*fig.* 1):

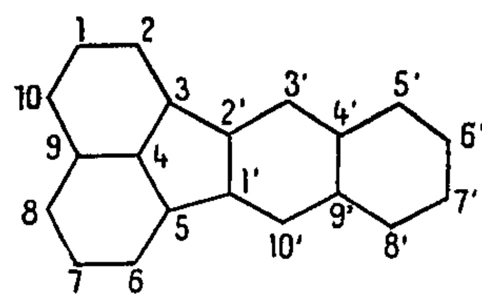


Fig. 1.

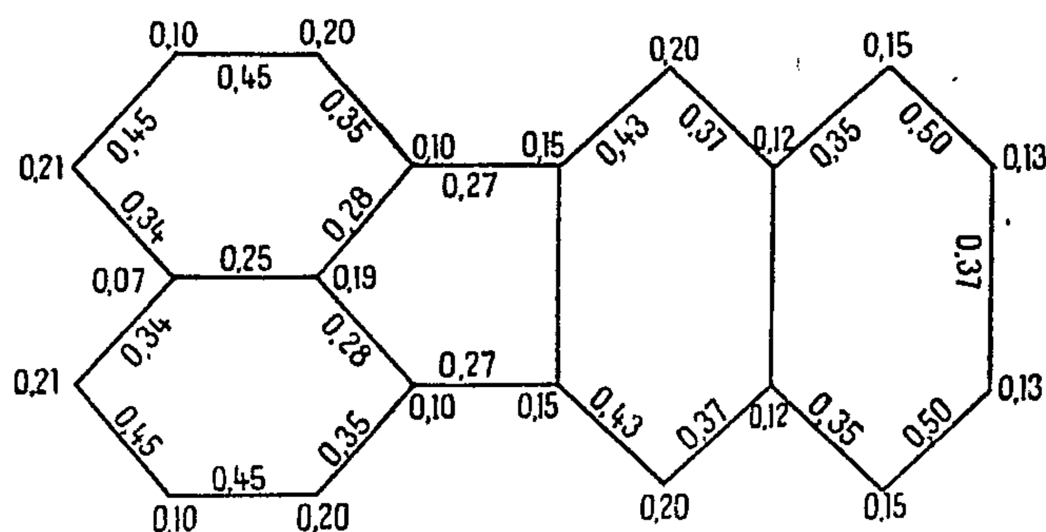


Fig. 2.

Suivant la méthode des diagrammes moléculaires de mésomérie exposée dans plusieurs articles de R. Daudel et ses collaborateurs [voir (³), (⁴), (⁵), (⁶), (⁷), (⁸)], il nous a fallu construire les formules mésomères. Puis, en admet-

(¹) Séance du 9 avril 1947.

(²) H. Moureu, P. Chovin et G. Rivoal, *Comptes rendus*, 223, 1946, pp. 951-952.

(³) R. Daudel et A. Pullman, *Journal de Physique*, 7, 1946, pp. 59-64.

(⁴) R. Daudel et A. Pullman, *Journal de Physique*, 7, 1946, pp. 74-83.

(⁵) R. Daudel et A. Pullman, *Journal de Physique*, 7, 1946, pp. 105-111.

(⁶) P. Daudel, *Comptes rendus*, 223, 1946, pp. 947-948.

(⁷) P. Daudel, R. Daudel, R. Jacques et M. Jean, *Revue Scientifique*, 84, 1946, pp. 489-492.

(⁸) *J. Am. Chemical Society* (sous presse).

tant que seules les formules mono- et diexcitées jouent un rôle important et en déduisant des courbes de R. Daudel et A. Pullman ([5]) que les poids des formules mono- et diexcitées sont respectivement de 50,50 %, on a obtenu le diagramme moléculaire des indices suivants (*fig.* 2) :

Ici les nombres écrits aux zones de liaison entre deux atomes l et m sont des indices de liaison $I_{lm} = \sum_i s_i$, où s_i est le poids de chaque formule représentant la molécule et possédant une double liaison entre l'atome l et l'atome m, tandis que les nombres écrits aux zones des sommets sont des indices de valence libre $J_l = \Sigma s_j$, s_j étant le poids de chaque formule possédant une grande liaison aboutissant à l'atome l ([6]) et ([7]).

On voit que les sommets de plus hauts indices sont les sommets 8, 10, 2, 6, 3′, 10′. C'est donc à ces points qu'il faut s'attendre à des réactions de substitution ou d'addition d'atomes.

Les liaisons possédant les plus hauts indices sont les liaisons 5′-6′, 7′-8′. Les indices des liaisons 1-2, 6-7, puis 1-10, 7-8 sont légèrement moins élevés. C'est donc à ces endroits que les réactions d'addition des molécules se produiront de préférence. Des additions de molécules peuvent également se produire en deux des sommets mentionnés, comme par exemple en 3′ et 10′; 2 et 3′; 6 et 10′; 8 et 10.

Le schéma suivant représente les caractères de double liaison ([7]) (*fig.* 4)

$$Y = I_{lm} + \frac{1}{2}\left(\frac{J_l + J_m}{2}\right),$$

où les plus grandes valeurs de Y appartiennent aux liaisons qui possèdent les plus grandes valeurs dans le diagramme des indices.

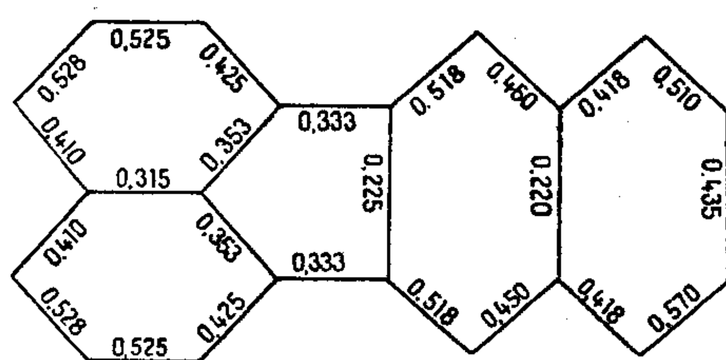


Fig. 3.

Fig. 4.

Sur le schéma suivant (*fig.* 4), on trouve en angströms, les distances interatomiques δ entre deux atomes de carbone adjacents, obtenues par une courbe déterminée par Pauling ([9]) représentant la fonction

$$\delta = f(Y).$$

([9]) *The Nature of the Chemical Bond* (Ithaca, New-York, 1944).

Le dernier schéma montre les chaleurs de formation des différentes liaisons par électrons π en cal/mol (*fig.* 5).

Ces chaleurs de formation sont obtenues à l'aide de la courbe P. et R. Daudel ([8]) représentant la variation de la chaleur de formation en fonction de Y.

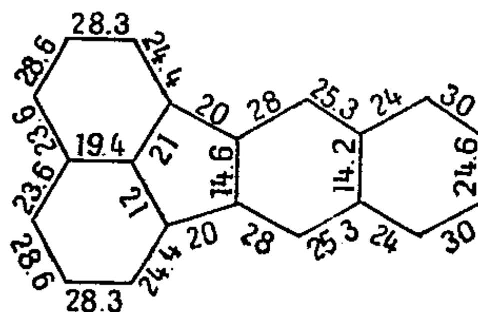


Fig. 5.

A partir des chaleurs de formation des liaisons par électron π on peut déterminer l'énergie de résonance de la molécule de dinaphtylène qui est égale à 165 cal/mol.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la méthylformamide sur quelques cétones.* Note ([1]) de M. **Pierre Mastagli** et M^me **Georgette de Bièvre-Gallin**, présentée par M. Paul Pascal.

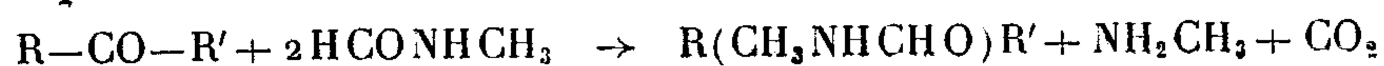
La réaction de Leuckart et Wallach

$$R{-}CO{-}R' + 2HCO_2NH_4 \rightarrow RCH(NHCHO)R' + 2H_2O + NH_3 + CO_2$$

bien connue en chimie organique, a donné lieu à de nombreuses recherches; mais si les auteurs se sont attachés à isoler les amines formées, ils semblent n'avoir jamais cherché à doser le gaz carbonique qui se dégage. C'est ce que nous avons voulu faire pour distinguer les différentes espèces de cétones et pour déterminer le seuil minimum de la température et la durée nécessaire de chauffage.

Au lieu d'employer le formiate d'ammonium nous avons jugé préférable de nous servir d'un dérivé plus actif : la méthylformamide. En effet la méthylformamide réagit sur les cétones à une température plus basse que le formiate d'ammonium; les auteurs indiquent comme seuil minimum la température de 160° C; or, avec la méthylformamide la réaction se déclenche vers 120° dans le cas des cétones lourdes comme le prouve le gaz carbonique formé qui se dégage. Dans le cas des cétones légères, la réaction se fait partiellement vers 80°.

Avec la méthylformamide, la réaction peut s'écrire suivant l'équation schématique ci-dessus



$$R{-}CO{-}R' + 2HCONHCH_3 \rightarrow R(CH_3NHCHO)R' + NH_2CH_3 + CO_2$$

Il y a donc dégagement d'une molécule de gaz carbonique pour une molécule de cétone mise en œuvre; c'est ce dernier que nous avons dosé. Pour cela

([1]) Séance du 28 avril 1947.

nous avons chauffé la cétone considérée pendant deux à trois heures avec quatre fois la quantité nécessaire de méthylformamide; un grain de ponce poreuse facilite l'ébullition. La température était d'environ 145° dans nos premiers essais, mais on peut l'abaisser jusqu'à 120° sans difficulté, même pour les cétones lourdes.

Notre appareillage consiste en quatre petits flacons laveurs de Durand. Le premier contient la cétone étudiée mélangée avec la méthylformamide. Les gaz qui se dégagent de ce flacon sont envoyés dans un laveur à acide sulfurique concentré qui absorbe la méthylamine, puis ils passent dans deux tubes à potasse à 50 % où est absorbé le gaz carbonique.

Pour l'entraîner totalement, on envoie un courant lent d'hydrogène pendant toute l'opération et l'on termine en purgeant une dizaine de minutes. Par simple pesée des tubes à potasse on a la quantité de gaz carbonique absorbé d'où il est facile de calculer le rendement. La prise d'essai pour chaque cétone était d'environ 1^g. Le rendement est optimum pour une quantité de méthylformamide égale à quatre fois la quantité théorique nécessaire; une durée de réaction de deux à trois heures suffit, le rendement ne variant plus par la suite.

Les cétones aliphatiques que nous avons étudiées ont des points d'ébullition supérieurs à 80°; pour toutes le rendement est inférieur à 50 %. C'est ainsi que l'on a obtenu :

Méthyléthylcétone, 25 %; méthylpropylcétone, 29 %; méthyl-4 pentanone-2, 33 %; méthylbutylcétone, 40 %; méthylpentylcétone, 46 %. On voit donc que le rendement augmente à mesure que la concentration en carbone s'accroît. La formation de produits secondaires mal définis ([2]) expliquerait le fait que la réaction est loin d'être totale.

Nous avons ensuite étudié l'action de la méthylformamide sur quelques cétones cycliques. Voici les résultats obtenus :

Cyclopentanone, 60 %; acétophénone, 66 %; méthylbenzylcétone, 68 %; *p*-anisylacétone ([3]), 75 %; naphtylméthylcétone, 77 % (α et β mélangées); cyclohexanone, 82 %; méta-méthylcyclohexanone, 82 %; para-méthylcyclohexanone, 84 %.

On remarque que tous les composés cycliques étudiés donnent des rendements supérieurs à 50 %. De plus, on constate que les cétones à noyau non saturé ont un rendement compris entre 60 et 80 %, alors que les cétones cyclaniques ont un rendement supérieur à 80 %.

Dans tous les cas, nous avons opéré dans les mêmes conditions de temps et à une température ne dépassant jamais 130°.

([2]) INGERSOLL, BROWN, KIM, BEAUCHAMP, JENNINGS, *J. Amer. chem. Soc.*, 58, 1936, p. 1808; DŒUVRE et J.-L. COURTOIS, *Bull. Soc. Chim.*, 11, 1944, p. 545.

([3]) Dœuvre et P. Chervet (*Comptes rendus*, 224, 1947, p. 660), accusent un rendement de 52 % en utilisant la formamide.

Il semble que cette méthode soit intéressante puisqu'elle permet :

1° de suivre pas à pas la réaction de Leuckart et d'en déterminer la température optima;

2° de distinguer, d'après les rendements obtenus, les cétones aliphatiques des cétones cycliques.

Nous avons l'intention d'étendre ces recherches à d'autres cétones pour améliorer la méthode ainsi que les rendements qu'elle peut laisser espérer.

Nous comptons appliquer cette méthode à l'étude des aldéhydes.

GÉOLOGIE. — *Présence de Muschelkalk fossilifère en bordure des Cévennes près de Lasalle (Gard).* Note (1) de MM. **Maurice Dreyfuss, Maurice Mainguy** et **Victor Mauguy.**

Sur tout le pourtour du bassin du Languedoc, le Trias présente le faciès typique germano-provençal à trois termes. Il comprend, à la base, une formation gréseuse et conglomératique généralement attribuée au grès bigarré; puis vient un complexe de calcaires dolomitiques, brèches dolomitiques, marnes noires, grès (Muschelkalk); enfin, se présentent des marnes à gypse et quartz bipyramidés passant vers le sommet à une alternance de marnes bariolées, de calcaires et de grès, dont la partie supérieure montre fréquement une faune rhétienne; de ce troisième terme on fera tout naturellement du Keuper.

Le Trias est connu en particulier dans les endroits suivants (2) : Corbières nord-orientales, bordure sud de la Montagne Noire (région de Gabian), bordure des Cévennes de Saint-Hippolyte-du-Fort jusqu'aux Vans. Toutefois, ces divers affleurements n'ont fourni jusqu'ici que des fossiles isolés souvent mal conservés : *Cœnothyris vulgaris* dans les Corbières, Myophories à Pallières, Gabian, *Posidonia minuta* à Saint-Jean-du-Gard, *Estheria* sp. dans le Keuper de Gabian, divers fossiles indéterminables. Une faune un peu plus riche a toutefois été observée par Thiery à Molières-sur-Cèze : *Encrinus liliiformis, Myophoria elegans, M. goldfussi, Lingula tenuissima, Coenothyris vulgaris.*

Au cours de travaux effectués pour la Société nationale des Pétroles du Languedoc méditerranéen, nous avons repris en détail et mesuré une série de coupes dans la région de Lasalle, où le Trias, reposant avec un pendage doux et régulier sur le granite, se présente de façon particulièrement favorable. Au cours de ces travaux, l'un de nous (V. M) a repéré l'existence d'un niveau fossilifère très continu, particulièrement riche à Vabres où la coupe s'établit de la façon suivante :

---

(1) Séance du 21 avril 1947.

(2) Voir entre autres : Barrabe, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1204; Blayac, *B.S.G.F.*, 4, 29, 1929, p. 499; Barrabe et Schneegans, *Ann., O. N. C. L.*, 1935, nos 4-5, p. 595; É. Dumas, *Statistique géologique du département du Gard*, 1876; Bleicher, *Comptes rendus*, 74, 1872, pp. 64 à 68; De Brun et Vedel, *Étude géologique des environs de Saint-Ambroix*, 1re Partie : *Trias et Infralias*, 1909; Thiery, *Légende de la feuille Alès*, 2e édition.

1. Sur le granite porphyroïde plus ou moins altéré, recouvert par une arène, repose un conglomérat quartzeux peu cimenté qui se confond facilement avec l'arène (0m,10).

2. Puis vient une alternance de sables roux à dragées siliceuses et de psammites rouges et verts rappelant le faciès des *ruffes* saxoniennes du bassin de Lodève (12m).

3. Marnes schisteuses noires (27m).

4. Calcaires marneux présentant vers la base deux niveaux de schistes onctueux grisâtres et devenant de plus en plus calcaires vers le sommet. A 5m au-dessus de la base de cet ensemble, se présente un niveau fossilifère riche en petits débris ligniteux (puissance totale : 26m).

5. Marnes schisteuses avec petits niveaux (0m,10) de grès siliceux ondulés (38m).

6. Calcaire marneux, plus calcaire vers le sommet (8m,75).

7. Marnes versicolores avec lentilles gréseuses (68m).

Dans le niveau 4 nous avons recueilli :

Enantiostreon spondyloïdes Schlotheim, *Avicula bronni* Alberti, *Gervillia costata* Schlotheim, *Gervillia subcostata* Goldfuss, *Gervillia cf. substriata,* Creduer, *Hœrnesia socialis* Schlotheim, *Pleuronectites lævigatus* Schlotheim, *Lima striata* Schlotheim, *Lima costata* Münster, *Pleuromya elongata* Schlotheim, *Myophoria elegans* Dunker.

L'espèce la plus abondante est *Myophoria elegans* qui constitue 63 % de la faune. C'est cependant l'espèce la moins caractéristique, puisqu'elle s'étend sur tout le Trias.

De toutes les autres espèces, deux (*Avicula Bronni* et *Hœrnesia socialis*) sont présentes dans tout le Muschelkalk et la Lettenkohle, quatre (*Enantiostreon spondyloïdes, Pleuronectites lævigatus, Lima striata, L. costata*) sont représentées dans le Muschelkalk inférieur et supérieur, quatre autres (*Gervillia costata, G. subcostata, G. substriata, Pleuromya elongata*) dans le Muschelkalk supérieur et la Lettenkohle. Cette faune permet donc de dater du Muschelkalk supérieur le niveau qui la renferme.

La coupe se complète latéralement à Sainte-Croix-de-Caderle, Saint-Bonnet et Palliès-Monoblet, où des marnes à gypse s'intercalent entre les formations 6 et 7. On peut donc penser que les couches 5 et 6 correspondent à la Lettenkohle. Aucun fait ne permet de préciser les limites inférieures.

Ce niveau ne nous a jusqu'à présent fourni dans les environs que des débris indéterminables, mais sa continuité est un guide précieux pour l'étude du Trias cévenol.

GÉOLOGIE. — *Les variations de faciès du Callovien et de l'Oxfordien entre les Cévennes et la Méditerranée.* Note (1) de MM. **Henri Tintant** et **Maurice Gottis.**

Une récente Note (2) a montré la réduction progressive du Callovien et de l'Oxfordien, de l'Est vers l'Ouest, sur la bordure méridionale des Cévennes.

(1) Séance du 21 avril 1947.

(2) *Comptes rendus,* **223**, 1946, pp. 814-815.

Nous nous proposons d'étudier ici les variations de ces deux étages vers le Sud, entre la bordure cévenole et la Méditerranée.

Au milieu de terrains généralement crétacés ou tertiaires, le Callovien et l'Oxfordien affleurent au cœur de trois anticlinaux de direction générale Ouest-Est, qui sont, du Nord au Sud :

1° l'anticlinal de Viols-le-Fort, prolongé vers l'Est par l'anticlinal du Pic Saint-Loup. A cette zone peut également se rattacher l'affleurement callovo-oxfordien qui forme le centre du Dôme de Quissac, à une vingtaine de kilomètres au Nord-Est du Pic Saint-Loup.

2° l'anticlinal complexe connu sous le nom de *Pli de Montpellier*;

3° l'anticlinal de la Gardiole.

A Viols-le-Fort, le terme le plus ancien de la série jurassique doit être rapporté au Callovien moyen. En effet la puissante masse dolomitique attribuée jusqu'ici au Bathonien est encadrée par des calcaires siliceux à *Macrocephalites canizzaroi* Gemm et *Reineckeia* (*Reineckeites*) *douvillei* Stein. à la base, et par des calcaires à *R. anceps* Rein. au sommet. Cet ensemble, extrêmement puissant (plus de 350^{m}), représente donc le Callovien moyen et supérieur. L'Oxfordien, au contraire, est très peu développé : il est uniquement représenté par quelques rares lambeaux calcaires à *Collotia angustilobata* Bras., appartenant à la zone à *Peltoceras athleta*. Le reste de l'étage manque et l'Argovien inférieur, lui-même peu développé, repose directement sur la zone à *P. athleta* ou sur la zone à *R. anceps* suivant les points.

La série du Pic Saint-Loup a déjà été étudiée par l'un de nous ([3]). Le Callovien, complet, montre ses trois zones fossilifères. Son épaisseur est plus faible qu'à Viols (100^{m}), et sa partie moyenne (zone à *M. canizzaroi*) est formée de marnes noires à Posydonomies qui annoncent le faciès ardéchois du Callovien. L'Oxfordien est représenté par un cordon glauconieux très peu épais et irrégulier renfermant, avec de nombreux fossiles calloviens remaniés, *Peltoceras athleta* Phil. et *Collotia angustilobata* Bras., surmonté par 12^{m} de marnes noires à fossiles pyriteux (*Creniceras renggeri* Opp, *Cardioceras praecordatum* R. Douv.). Sur celles-ci vient directement l'Argovien inférieur, très fossilifère. L'Oxfordien est donc incomplet; la zone à *Cardioceras cordatum* et probablement la *zone à Quenstedticeras lamberti* faisant défaut.

A Quissac enfin, le Callovien prend un faciès beaucoup plus marneux (faciès ardéchois). La série marneuse repose sur des calcaires à chailles dans lesquels F. Roman cite *Procerites* (*Wagnericeras*) *arbustigerus* Opp. Elle pourrait donc débuter, comme à Naves, dès le Bathonien supérieur. *Les zones* à *M. macrocephalus* et à *M. canizzaroi* sont représentées par des marnes noires à Posydonomies et la zone à *R. anceps*, par des calcaires marneux très fossilifères. L'Oxfordien, peu épais, rappelle beaucoup celui du Pic Saint-Loup, mais entre le cordon glauconieux de la zone à *P. athleta* et les marnes à fossiles pyriteux de la zone à *C. mariæ* s'intercalent ici quelques mètres de calcaires marneux à *Quenstedticeras lamberti* Sow. La zone à *C. cordatum*, par contre, manque encore.

Sur le flanc N. du pli de Montpellier, le Callovien est très comparable à celui de Viols-le-Fort et plus ou moins largement dolomitisé. L'Oxfordien y est plus développé. A Saint-Paul-et-Valmalle par exemple, on observe 10^{cm} de calcaires siliceux correspondant à la zone à *P. athleta*, puis quelques mètres d'un calcaire glauconieux qui nous a fourni une

([3]) H. Tintant, *C. R. Soc. Géol. Fr.*, n° 13, 1942, p. 148.

assez riche faune de la zone à *Q. lamberti*. Immédiatement au-dessus vient l'Argovien. Il y a donc lacune des zones à *C. mariæ* et *C. cordatum*

Sur le flanc Sud du Pli de Montpellier et dans l'anticlinal de la Gardiole enfin, toutes ces lacunes disparaissent et la série devient continue du Bathonien à l'Argovien. Le Callovien est très épais (plus de 200^{m}); sa base, constituée par des calcaires massifs et des calcaires à chailles avait été attribuée jadis par F. Roman ([4]) au Bathonien. Elle nous a livré une belle faune indiscutablement callovienne : *Macrocephalites* cf. *macrocephallus* Schlot., *M. canizzaroi* Gemm, *Reineckeia* (*Reineckeites*) *douvillei* Stein., *Hecticoceras* sp., *Putealiceras* sp., *Grossouvreia* sp. Au-dessus viennent des marnes et des calcaires marneux représentant la zone à *R. anceps*.

L'Oxfordien est beaucoup moins puissant (20^{m}), mais complet. A sa partie inférieure, on trouve des calcaires siliceux représentant les zones à *P. athleta* et à *Q. lamberti*, surmontés par des calcaires marneux (zones à *C. mariæ* et *C. cordatum*) passant de façon continue aux marnes de l'Argovien inférieur à *Cordioceras* (*Vertebriceras*) *vertebrale* Sow. et *Aspidoceras* du groupe de *catena* J. de C. Sow. Le faciès grumeleux si caractéristique de ce niveau fait défaut, comme dans tous les points de la Vallée du Rhône où le passage de l'Oxfordien à l'Argovien est continu (La Voulte, Crussol).

De cette étude, il ressort que la série callovo-oxfordienne, très incomplète sur la bordure méridionale des Cévennes, se complète progressivement du Nord vers le Sud, aussi bien que de l'Est vers l'Ouest. On peut expliquer ceci en admettant que le Massif cévenol représentait à cette époque soit une zone émergée, soit au moins un haut-fonds privé de sédimentation. Cette aire, localisée au nord de la ligne Le Vigan Saint-Hippolyte au début du Callovien, s'est étendue progressivement vers le Sud et vers l'Est pour atteindre à l'Oxfordien supérieur la région de Montpellier. Ainsi la transgression argovienne repose sur des termes de plus en plus récents lorsqu'on se dirige des Cévennes vers la Méditerranée.

SÉISMOLOGIE. — *Hypothèse sur la formation de l'Océan Atlantique.* Note ([1]) de M. **Jean-Pierre Rothé**, présentée par M. Charles Maurain.

Comme on le sait, c'est en remarquant l'analogie des contours des côtes américaine et africaine de l'Océan Atlantique que Wegener a eu l'idée de sa théorie de la translation des continents.

Les études séismologiques récentes permettent d'examiner le problème de la constitution de l'Atlantique :

I. Lynch ([2]) a signalé récemment que pour le séisme du 14 septembre 1945 qui s'est produit sur la *crête médiane* de l'Atlantique (épicentre 7°,0 N; 38°,8 W), la vitesse des ondes superficielles de Love mesurée à l'observatoire de Fordham (New-York), à 5100^{km} de l'épicentre, était de 4^{km},4 par seconde

([4]) *Ann. Univ. Lyon*, 1897, p. 42.

([1]) Séance du 21 avril 1947.

([2]) *Surface-waves Velocities over the Atlantic* (*Earthquake Notes*, 17, n° 1, 1945, p. 8).

pour une période de 23 secondes. C'est une vitesse tout à fait comparable et même un peu supérieure à celle de l'onde de Love de même période sous le Pacifique.

II. La répartition des épicentres telle qu'elle s'établit par les déterminations du Bureau international de Séismologie à Strasbourg et, parmi de nombreux travaux, par ceux de Gutenberg et Richter ([3]), est très caractéristique. D'une part, un grand nombre de séismes jalonnent la crête médiane sous-marine. D'autre part, la zone séismique eurasiatique qui, à travers le domaine de la Mésogée, suit les lignes de plissements alpins (Himalaya, Caucase, Carpathes, Alpes, Apennins, Atlas, Cordillère bétique), vient rejoindre aux environs des Açores cette zone séismique médiane mais ne la traverse pas ([4]).

Contrairement à ce qu'on pensait, il n'y a aucun indice de séismicité entre la crête atlantique et l'arc des Antilles ([3]), qui, lui, fait partie du cercle séismique circumpacifique. Ainsi la carte des épicentres montre que le *géosynclinal de la Mésogée ne traverse pas l'Atlantique de part en part et ne rejoint pas le géosynclinal Pacifique comme cela figure encore sur certaines cartes classiques de la structure d'ensemble du Globe*.

III. Le professeur G. Dubois a attiré mon attention sur les récents levés bathymétriques effectués dans l'Atlantique. Ces levés montrent que l'Atlantique Sud présente à l'Est de la crête médiane une succession de bassins et de crêtes orientées SW-NE qui prolongent les unités morphologiques du continent africain ([5]) (*fig.* 1).

A noter encore la distinction entre le rivage à type pacifique de la côte orientale des États-Unis et des provinces maritimes du Canada et le rivage à type atlantique des côtes à *rias* d'Espagne et de Bretagne.

Ces faits m'amènent à proposer l'*hypothèse de travail* suivante :

L'Océan Atlantique se divise en deux domaines : l'un, à l'est de la crête médiane, est un domaine à structure continentale se rattachant au bloc africain; au contraire, la partie occidentale du domaine atlantique est probablement à structure *pacifique*, c'est-à-dire constituée seulement de *sima*.

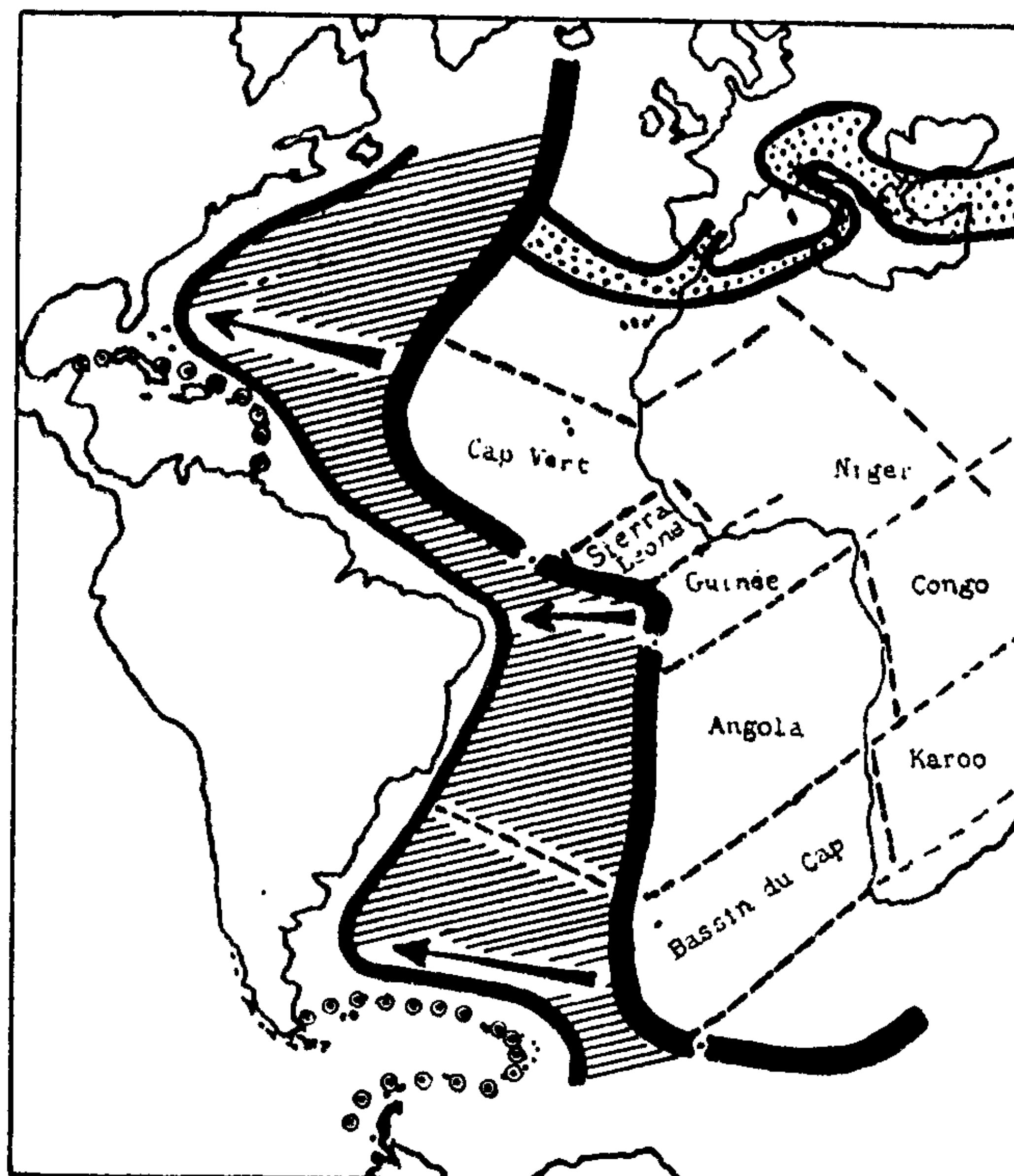
Dans ces conditions, le parallélisme invoqué par Wegener, du Toit, etc., entre les contours des côtes africaine et américaine doit en réalité être recherché entre *la côte américaine et la crête médiane de l'Atlantique* dont les formes générales sont les mêmes (*fig.* 1). S'il y a eu dérive, c'est seulement sur la distance crête médiane-côte américaine. La crête médiane atlantique et sa zone séismique correspondent au bourrelet liminaire du bloc africain venant

([3]) *Seismicity of the Earth* (*Geological Society of America*, Spec. papers, n° 24, 1941, pp. 1-131); *Seismicity of the Earth* (supplementary Paper) (*Bull. of the Geol. Soc. of America*, 56, 1945, pp. 603-668).

([4]) Voir par exemple la carte pp. 72-73 *in* J.-P. Rothé, *Séismes et Volcans* (Collection *Que sais-je* ? Paris, 1946).

([5]) J. H. F. Umbgrove, *The Pulse of the Earth*, La Hague, 1942, p. 84.

heurter le socle à structure *simatique* qui constitue la partie occidentale de l'Atlantique.



— — — — Rides atlantiques et africaines.
⊙⊙⊙⊙ Arcs des Antilles du Nord et du Sud.
———— Crête médiane de l'Atlantique.
La partie hachurée représente la gouttière atlantique; la zone pointillée, la zone séismique mésogéenne.
Les noms géographiques désignent les différents bassins atlantiques et africains.

Le véritable océan Atlantique est la large fissure ouverte à l'ouest de la crête médiane entre les blocs continentaux eurafricain et américain.

L'hypothèse proposée lève l'objection à la théorie de la dérive des continents qu'est l'existence de plus en plus probable d'un continent *Atlantide* effondré entre les Açores et le détroit de Gibraltar. Elle explique aussi que lorsqu'on mesure la vitesse moyenne des ondes séismiques à travers l'Atlantique *considéré comme un tout*, on trouve une valeur *intermédiaire* entre la valeur sous le Pacifique et celle sous les continents.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le métabolisme azoté des feuilles adultes maintenues à l'obscurité*. Note (¹) de M. **Alexis Moyse**, présentée par M. Louis Blaringhem.

MM. W. Ruhland et K. Wetzel (²) ont défini deux types différents de méta-

(¹) Séance du 28 avril 1947.
(²) *Planta*, **1**, 1926, pp. 558-564.

bolisme azoté chez les Angiospermes : le type *amide* caractérisé par la présence dans les tissus d'amides telles que l'asparagine (Légumineuses), la glutamine (Graminées), et le type *ammonium* ou *acide* caractérisé par la présence de NH_3 neutralisé par des acides organiques (*Begonia*, Polygonacées).

L'étude du métabolisme azoté des feuilles d'Orge (type amide) abandonnées à l'obscurité a été faite par E. W. Yemm ([3]), qui a montré l'importance de la protéolyse, l'accumulation transitoire d'amides, tant que les glucides sont présents, et la production de NH_3, surtout abondante au moment de la mort.

Parallèlement à l'étude des échanges respiratoires des limbes de Haricot d'Espagne, de Blé Fylgia Vilmorin, d'Oseille et de Sarrasin ([4]), j'ai suivi les variations quantitatives des taux des formes azotées suivantes : N protéique, N organique soluble, N aminé, N amidé, N polypeptidique, N ammoniacal et N nitrique.

En fin d'expérience surtout, on constate, d'une manière générale, une émission de NH_3 dans le liquide de conservation, en relation avec la diminution du taux de l'N total des tissus.

Les variations de l'N nitrique et de l'N polypeptidique sont très faibles.

Les résultats rapportés ici sont exprimés en milligrammes de N pour 10 feuilles. Les témoins laissés à la lumière, sur pieds, ne présentent que de très faibles variations.

1° *Haricot d'Espagne* (graphique I). — Le taux d'N organique total diminue un peu (14 % en 12 jours), le taux d'N ammoniacal s'accroît, très faiblement d'abord, plus nettement à la fin. Pour l'ensemble de l'N organique, le taux d'N protéique diminue beaucoup (57 %) et très régulièrement, alors que le taux d'N organique soluble s'accroît.

Le taux de l'N des acides aminés non amidés (N aminé dosé Van Slyke diminué d'une quantité égale à l'N amidé dosé, en admettant que l'N amidé provient d'amides telles que l'asparagine) s'accroît jusqu'au 10ᵉ jour, puis décroît légèrement, alors que le taux de l'N total des amides (le double de l'N dosé comme amidé) augmente jusqu'à la mort. Ces résultats ne tiennent évidemment pas compte de la production éventuelle d'allantoïne ou d'acide allantoïque.

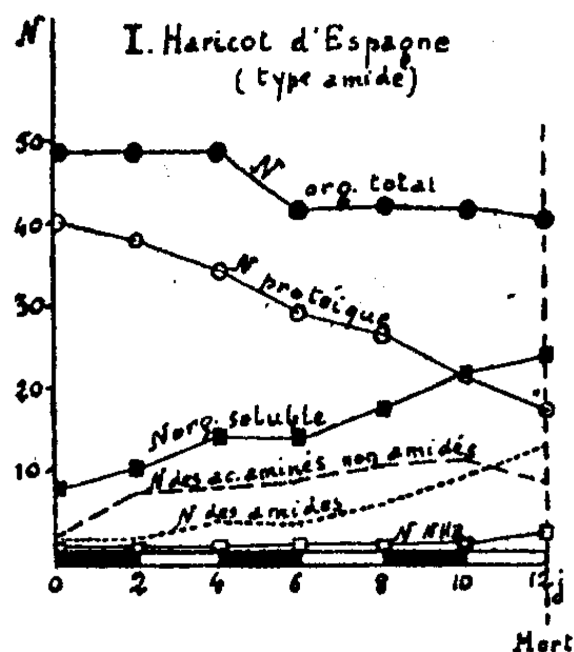
2° *Blé Fylgia*. — Le taux de l'N organique total diminue beaucoup plus rapidement (38 % en 10 jours). La forte diminution du taux de l'N protéique (67 %) s'accompagne d'abord d'une rapide augmentation de celui de l'N soluble. En fin d'expérience, ce dernier diminue tandis que le taux de l'N ammoniacal s'accroît fortement. Le taux de l'N des acides aminés non amidés présente des variations semblables. Le taux de l'N des amides

---

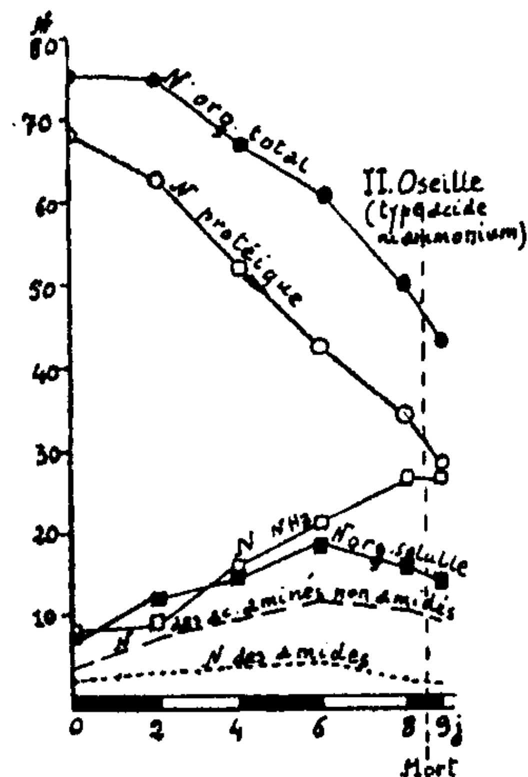
([3]) *Proc. of the Royal Soc.*, **123**, 1937, pp. 243-273.

([4]) A. Moyse, *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 147-149.

(asparagine, glutamine) croît rapidement jusqu'au 8e jour, puis diminue. Les taux de l'N des amides instables (glutamine) dosées par la technique de Vickery montrent les mêmes variations.



Graphique I.



Graphique II.

La production de NH_3 en fin d'expérience se fait aussi bien à partir des amides que des acides aminés non amidés.

Dans les limbes de ces deux espèces, il y a accumulation transitoire d'amides. Cette accumulation, de même que la protéolyse, est plus lente chez le Haricot d'Espagne. Elle peut caractériser une forme de neutralisation de l'N ammoniacal provenant de la désamination.

3° *Oseille* (graphique II). — La diminution du taux de l'N organique total est très rapide dès les premiers jours (33 % en 8 jours), tandis que le taux de N ammoniacal déjà important dans les feuilles normales, s'élève. Le taux de l'N protéique diminue (50 %), celui de l'N organique soluble augmente, mais il n'y a pas accumulation d'amides.

4° *Sarrasin.* — Le taux de l'N organique total diminue (20 % en 12 jours), le taux de l'N ammoniacal s'accroît. Celui de l'N protéique diminue (33 %) alors que le taux de l'N organique soluble augmente. Il n'y a pas accumulation d'amides.

La plus grande rapidité de la dégradation des protides dans les limbes d'Oseille est à rapprocher de la forte intensité respiratoire de ceux-ci.

Dans le cas des limbes de plantes à acides, l'ammoniaque produite par désamination des acides aminés doit être neutralisée par les acides organiques, en particulier par l'acide oxalique.

Ainsi les limbes d'espèces appartenant aux deux types qui diffèrent par les modalités du métabolisme azoté montrent, au cours du séjour à l'obscurité, un comportement nettement différent en ce qui concerne la neutralisation de l'N ammoniacal provenant de la dégradation des protides.

ENTOMOLOGIE AGRICOLE. — *Au sujet de Borers du riz, inconnus au Soudan français.* Diopsidæ (*Diptères*) *et* Bætidæ (*Ephéméroptères*). Note de M. **Jean Risbec**, présentée par M. Auguste Chevalier.

La biologie des espèces appartenant au genre *Diopsis* est complètement inconnue. *Diopsis apicalis* Dalm. est accusée par plusieurs observateurs d'attaquer les larves de *Busseola fusca* en Afrique du Sud. Mais, ainsi que le fait remarquer Mally [*The maize stalk borer* Busseola fusca. (*Bull. Dep. Agr. S.*, nº 3)], ces observations sont certainement erronées.

J'ai découvert que les larves de *Diopsis affinis* Ad. vivaient dans l'axe des tiges de riz, à la partie supérieure, là où les tissus sont encore jeunes. Dans un ouvrage en cours de publication je donne une description sommaire de ces larves et de la nymphe. On sait que les *Diopsis* sont des mouches extrêmement remarquables par les tigelles qui portent les yeux et les antennes, latéralement, loin de la tête. Ces tigelles, dans la nymphe, doivent être appliquées le long du corps et ne se déployer que lorsque l'adulte se libère de la tige du riz. Je n'ai malheureusement pas décrit cette nymphe, mais seulement le pupe qui a une forme normale avec seulement une tête élargie.

La croyance ordinaire est que les larves de *Diopsis* vivent dans les matières en décomposition. Il est possible que cette conception ne soit pas complètement erronée pour *D. apicalis* et que, ainsi que je l'ai observé pour d'autres diptères, la larve, après avoir sectionné le cœur de la tige, poursuive son évolution dans la base de la partie coupée qui pourrit rapidement.

Le même genre de vie appartient à un éphéméroptère que je n'ai pu faire identifier et qui serait voisin de *Cleo*. Les larves qui creusent la base des tiges de riz dans les parties terminales avaient été remarquées par M. Vincent, Directeur de la station du Riz à l'Office du Niger, et j'avoue avoir d'abord été sceptique devant son affirmation qu'il s'agissait de borers de Riz. Cette affirmation est cependant exacte et j'ai fait élever les insectes par l'aide entomologiste Amadou Wane entraîné à ce genre de travail.

Dans le cas des attaques de *Diopsis*, les dernières feuilles se fanent et jaunissent. Il n'y a pas formation d'épis. Dans celui des Éphéméroptères, l'épi se forme mais les graines ne peuvent se développer.

Il existe au Soudan d'autres borers du Riz, en particulier des chenilles (Sesamia ou Chilo) et des Cecidomyies, mais il s'agit là, sinon d'espèces connues, du moins de formes qu'il est normal et commun de trouver dans les tiges de cette plante. Cette courte Note a pour but d'attirer l'attention sur la biologie d'espèces dont les rapports avec la plante étaient complètement ignorés. Il appartiendra aux entomologistes ayant la possibilité de séjourner sur place, de préciser les conditions de vie des larves. Il est difficile de mesurer l'importance économique des borers nuisibles. Dans les champs des pertes

sérieuses peuvent être enregistrées, mais les symptômes d'attaques étant à peu près les mêmes, il est impossible de constater autre chose que la somme des actions dues aux différentes espèces. La proportion pour chacune varie certainement beaucoup d'une année à l'autre.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la production expérimentale de jumeaux chez l'embryon d'Oiseau.* Note (¹) de MM. **Étienne Wolff** et **Hubert Lutz**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous opérons sur le blastoderme *non incubé* de l'œuf de Cane, que nous orientons suivant la règle de Baer. L'intervention consiste en une fissuration du germe, à l'aide d'une fine aiguille de verre. Deux séries de sections ont été pratiquées : 1° des sections transversales parallèles au grand axe de l'œuf, c'est-à-dire perpendiculaires à l'axe de symétrie présumé; 2° des sections sagittales, parallèles au petit axe de l'œuf, c'est-à-dire suivant le plan de symétrie présumé. Les unes et les autres nous ont donné des formations doubles en grand nombre, mais celles-ci sont de type différent suivant l'orientation de la section.

I. *Sections transversales.* — Sur 64 blastodermes qui se sont développés après l'opération, 41 présentent des formations embryonnaires doubles, comme le montre le tableau I :

Tableau I. — *Sections transversales.*

			Formations doubles.			
Opérations effectuées.	Aucun développement.	Blastoderme sans embryon.	Embryons complets.	Formations embryonnaires caractéristiques, mais incomplètes.	Aires vasculaires sans embryon.	Embryons simples.
76	12	5	16 (*)	25	4	12
			Total : 45			

(*) Dont 2 monstres triples.

Parmi elles, il y a 36 couples de jumeaux, ou monstres doubles, opposés par la tête; les partenaires sont le prolongement l'un de l'autre, mais orientés en sens inverse (*fig.* 1); 4 couples ont leurs axes parallèles et de même sens; un blastoderme montre deux embryons perpendiculaires l'un à l'autre. Les sections transversales donnent donc une très forte proportions d'embryons doubles opposés par la tête et de sens inverse. Les autres cas peuvent être attribués aux écarts d'orientation par rapport à la règle de Baer. Parmi les embryons doubles, certains sont indépendants l'un de l'autre, d'autres sont plus ou moins rapprochés par leur région céphalique et représentent vraisemblablement des formes jeunes du groupe des monstres tératopages. Les embryons simples

(¹) Séance du 21 avril 1947.

sont dus, dans tous les cas, à une cicatrisation précoce de la lésion, suivie d'une régulation complète.

Fig. 1. (A gauche). Section transversale du blastoderme non incubé : jumeaux opposés par la tête et de sens inverse. — Fig. 2. (A droite). Section sagittale du blastoderme non incubé : jumeaux parallèles et de même sens.

2. *Sections sagittales.* — Sur 39 blastodermes opérés, dont 28 se sont effectivement développés, nous avons obtenu 17 formations doubles, comme le montre le tableau II.

TABLEAU II. — *Sections sagittales.*

Opérations effectuées.	Aucun développement.	Formations doubles A.	Formations doubles B.	Embryons simples.
39	11	15	2	11
		Total : 17		

A, Embryons bien développés; B, Formations embryonnaires caractéristiques, mais incomplètes.

Les 15 embryons doubles ont leurs axes parallèles et de même sens (*fig.* 2); ils sont séparés par cicatrice de la fissure opératoire. Dans 14 cas, les deux embryons jumeaux sont complètement distincts; dans un cas où la fissure n'avait été que partielle, il s'est formé un monstre double de type tératodyme. L'un de nous poursuit des recherches, sur le déterminisme des différentes catégories de monstres doubles, par le procédé des sections partielles, et en faisant varier l'orientation des sections.

Conclusion. — La section microchirurgicale du blastoderme non incubé de l'œuf de Cane, suivant un plan transversal ou sagittal, entraîne la formation d'embryons doubles (jumeaux ou monstres doubles). Les deux types d'intervention produisent deux catégories distinctes de jumeaux. Les sections transversales donnent naissance à des jumeaux opposés par la tête et orientés en sens inverse. Les sections sagittales produisent des embryons doubles dont les axes sont parallèles et de même sens.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Le type archaïque des molaires chez un Lémurien d'Asie, le* Nycticebus. Note de M[lle] MADELEINE FRIANT, présentée par M. Émile Roubaud.

Les Lémuriens du groupe des Lorisiformes, tous asiatiques ou africains, se distinguent des autres Lémuriens, Lémuriformes et Chiromyiformes, aujourd'hui, tous malgaches, par une série de caractères ostéologiques, notamment la constitution de l'orbite, à laquelle prend part, chez eux, la face latérale de l'ethmoïde ou *os planum*, comme chez les Singes et l'Homme, disposition, sans doute, primitive (M. Kollmann et L. Papin, 1925).

Dans les remarquables collections rapportées, à la fin du siècle dernier, par le Prince Henri d'Orléans (Muséum, Mammalogie), j'ai étudié les molaires du *Nycticebus*, Lorisiforme asiatique, dont, avec E. L. Trouessart, on ne connaît qu'une seule espèce, le *Nycticebus tardigradus* L., répandu dans l'Inde, en Indochine et dans les Iles de la Sonde ([1]). Aux molaires supérieures 1 et 2 ([2]) (figure), s'observent les trois rangées longitudinales originelles de deux tuber-

Première molaire supérieure droite, très légèrement abrasée, d'un *Nycticebus tardigradus* L. var. *cinereus* A. M. Edwards, rapporté d'Indochine, en 1892, par le Prince Henri d'Orléans (Collections du Muséum, Mammalogie). — Le côté antérieur est à droite, le côté externe, en haut. — G. N. × 6.

cules des Primates (Tarsiers et Lémuriens) les plus archaïques de l'Éocène européen et nord-américain ([3]), les cuspides intermédiaires, peu marquées, alternant légèrement, vers l'avant, avec les externes et les internes, ainsi qu'il est de règle. Aux molaires inférieures, s'observent aussi les deux rangées longitudinales originelles de deux tubercules. La formule cuspidienne des molaires du *Nycticebus* est donc, pour l'une et l'autre mâchoires, comme celle des *Adapidæ* les plus anciens, parmi les Lémuriens éocènes, la formule primitive III(2)/II(2) ([4]).

([1]) Car le *Nycticebus menagensis* Nachtrieb, des Iles Philippines, est très douteux.

([2]) Chez les Lémuriens, la troisième molaire, M3, réduite au maxillaire supérieur, est souvent, comme ici, plus allongée que les deux autres, au maxillaire inférieur.

([3]) M. FRIANT, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1622; 77[e] *Congrès des Sociétés Savantes*, 1934, p. 165; *Revue anthropologique*, 1935, p. 31.

([4]) Cette morphologie ne s'observe que sur les dents vierges ou peu abrasées, les tubercules intermédiaires disparaissant par l'usage.

L'évolution des molaires supérieures, chez les autres Lorisiformes, s'est poursuivie par effacement des tubercules intermédiaires et isolement, du reste de la couronne, du tubercule postéro-interne ou hypocone (qui se réduit chez l'*Arctocebus* et, surtout, le *Perodicticus* d'Afrique, alors qu'il s'élargit à l'extrême chez le *Loris* d'Asie et le *Galago* d'Afrique). Chez tous, les molaires inférieures demeurent sensiblement du même type que celles du *Nycticebus*.

Les caractères archaïques de la dentition du *Nycticebus*, décrits ici pour la première fois, s'ajoutent à l'homogénéité du groupe des Lorisiformes et à sa répartition actuelle, pour montrer, semble-t-il, que ces Lémuriens vivaient déjà, à une époque reculée du Tertiaire, sur le continent asiatique. Vers la fin du Miocène, lorsque la surrection des plus grandes chaînes de montagnes, Alpes, Caucase, Himalaya, entraîna, dans son mouvement, la Méditerranée qui se dessécha en partie, tandis que les continents changeaient de contour, sans doute, quelques Lorisiformes purent-ils immigrer en Afrique. De récentes découvertes paléontologiques viennent d'ailleurs corroborer cette hypothèse : « Une faune, qui n'est pas sans analogie avec celle des monts Siwalik, a vécu en Afrique (au nord du lac Rodolphe et sur les côtes du lac Victoria Nyanza), à l'époque du Néogène supérieur (Pliocène). Elle présentait d'étroites affinités avec la faune actuelle de l'Afrique équatoriale » ([5]).

Il faut, enfin, noter que le type originel des molaires, qui est la règle chez les Mammifères les plus anciens ([6]), devient l'exception chez les actuels : un Rongeur d'Asie, le *Pteromys xanthipes* A. M. Edwards ([7]), un Insectivore d'Afrique, l'*Erinaceus algirus* Duv. ([8]), et, parmi les Primates, des Lémuriens : le *Nycticebus* d'Asie, qui fait l'objet de cette Note, et les *Indrisidæ* ([9]) de Madagascar, sont les seuls où sa présence ait été constatée intégralement. Or, Insectivores, Primates et Rongeurs ([10]) sont, on le sait, des Euthériens très primitifs; la théorie de la Multituberculie, ainsi qu'a été nommée, en 1933 ([11]), ma conception de l'évolution dentaire, permet donc de déceler, dans les ordres les plus primitifs, les formes les plus archaïques de la faune mammalienne actuelle.

([5]) E. Haug, *Traité de Géologie*, 3, II, 1911, p. 1728.

([6]) M. Friant, *Comptes rendus des séances de la Société fribourgeoise des Sciences naturelles*, Fribourg (Suisse), n° 7, 1936, p. 10.

([7]) M. Friant, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2211.

([8]) M. Friant, *Annales de la Société géologique du Nord*, 64, 1939, p. 57.

([9]) M. Friant, *Comptes rendus de l'Association des Anatomistes*. Montpellier, 15-18 avril 1935, p. 205; *Revue anthropologique*, 1939, p. 247.

([10]) Bien que les Rongeurs forment un ordre très divergent des autres, ils conservent « un air de jeunesse et semblent, en partie, composés de types dont l'évolution est restée inachevée » (A. Gaudry, *Les enchaînements du monde animal dans les temps géologiques. Mammifères tertiaires*, 1878, p. 198).

([11]) Par M. le Professeur P. Wintrebert, de l'Institut (M. Friant, *Thèse de Doctorat ès Sciences*, Publications du Muséum, n° 1, 1933, p. 1).

PHYSIOLOGIE COMPARÉE ET PATHOLOGIQUE. — *L'appendice, nœud de l'automatisme cæco-ascendant. Répercussion de ses atteintes sur la capacité du cæcum : phénomène de balancement appendiculo-cæcal.* Note (¹) de M. **Frédéric Gluckmann**, transmise par M. Paul Portier.

Parmi les arguments le plus souvent mis en valeur par les partisans de la théorie vestigiale de l'appendice, figure sa tendance à l'inflammation et à une oblitération plus ou moins précoce, qui seraient les marques d'une soi-disant infériorité organique spécifique, propre aux organes rudimentaires. La fréquence de la pathologie de l'appendice semble cependant de date assez récente, puisque le premier cas d'appendicite isolé remonte au XVIIIe siècle. L'antiquité et le moyen âge ont complètement ignoré l'inflammation de l'appendice, comme l'appendice lui-même d'ailleurs, qui n'a été découvert qu'il y a quelques siècles à peine. C'est un anatomiste florentin renommé, Guido Guidi, médecin personnel de François Ier et premier professeur de Médecine au Collège de France, qui le signala pour la première fois, comme une simple curiosité anatomique, en le comparant à un lombric enroulé en spirales.

La tendance de l'appendice à l'inflammation apparaît donc comme un phénomène *secondaire*, dû probablement à une dégradation organique particulière, déterminée par les écarts hygiéniques et alimentaires de l'Homme civilisé. Car les peuples primitifs sont presque réfractaires à l'inflammation de l'appendice.

Les investigations des auteurs américains dans les agglomérations nègres des États-Unis ont montré la rareté exceptionnelle de l'appendicite chez les Hommes de couleur. Kelly et Hurdon citent, entre autres cas semblables, celui des mines de charbon d'un pays isolé d'Alabama, employant 800 prisonniers nègres, où l'appendicite était totalement inconnue; celui d'une grande école fréquentée par 1400 étudiants de couleur et parmi lesquels on n'a jamais révélé de cas d'inflammation appendiculaire; le cas, enfin, d'un médecin exerçant dans une ville de 9000 habitants, située dans la ceinture nègre, et qui n'a pu y déceler que 4 cas d'appendicite durant toute sa carrière. En faveur de l'hypothèse de la dégradation secondaire de l'appendice humain plaident aussi les observations, d'une valeur presque expérimentale, publiées par différents auteurs (voir *fig.* 51, *Pl. II*), qui ont découvert des appendicites graves chez les Singes anthropoïdes *maintenus en captivité* (11 cas d'appendicite, dont plusieurs très graves, sur 61 Anthropoïdes examinés par Weinberg à l'Institut Pasteur). La captivité astreint ces êtres à une existence comprimée et artificielle, équivalente jusqu'à un certain point à celle de l'Homme civilisé subissant les restrictions et les contraintes sociales, et à vivre dans des conditions hygiéniques et alimentaires bien différentes de celles offertes par les grandes forêts équatoriales.

Quant à la fréquence de l'oblitération de l'appendice, elle est en réalité très relative, et reconnaît, par ailleurs, une origine constamment *inflammatoire*. Selon les statistiques de divers auteurs (Ribbert, Sprengel, Kelly, Hurdon), l'oblitération de l'appendice (jamais citée avant l'âge de 5 ans) surviendrait dans 10 % des cas entre 10 et 20 ans, dans 21 % entre 20 et 40 ans et atteindrait un maximum de 58 % entre 70

(¹) Séance du 21 avril 1947.

et 80 ans (voir *fig.* 42, 45, 49, 50, *Pl. II*). Parmi ces derniers cas, il existe certainement un grand nombre d'oblitérations involutives réelles, mais de nature *sénile*, comparables aux processus qui s'observent dans d'autres organes, et notamment à ceux décrits par Nothnagel dans 80 % des cas, à cet âge, dans le gros intestin lui-même. Si l'oblitération juvénile peut être plausiblement interprétée comme résultant de processus inflammatoires répétés et lents, si communs dans l'appendice humain, à l'aide de la théorie de l'involution naturelle on ne peut pas expliquer *la persistance des 4/5 des appendices normaux* chez les sujets de 40 ans, et encore moins des 42 % des organes conservés indemnes chez les sujets de 80 ans. Un organe qui ne fonctionne pas s'atrophie et le tissu musculaire dégénère après une inactivité de quelques semaines.

Toujours est-il que la fréquence des atteintes inflammatoires de l'appendice humain est inquiétante. Sur un lot de 25 cæco-appendices disséqués récemment à l'Institut médico-légal (et qui proviennent par conséquent de sujets dont la mort a été purement accidentelle, en dehors de troubles appendiculaires), nous avons décelé 6 *cas d'appendicite* plus ou moins grave : 1 appendicite aiguë évolutive et 5 appendicites chroniques, auxquels il convient de joindre un cas traité chirurgicalement. Ce qui donne *un pourcentage global de* 28 %!

L'ensemble des faits signalés précédemment ([1]) est de nature à prouver que l'appendice, organe propre aux animaux bipèdes à côlon droit ascendant et fixe (*fig.* 1-10 et 11-17, *Pl. I*), représente le substratum hypertrophié de l'appareil neuro-musculaire primitif du cæcum (*fig.* 21-26), hypertrophie déterminée par l'accroissement considérable du travail mécanique imposé à cet appareil, qui, chez ces animaux, doit propulser la lourde masse cæcale dans un canal vertical.

Cette définition implique un premier corollaire : que la suppression, soit pathologique soit chirurgicale, d'un appendice fonctionnel, devrait entraîner *des troubles de transit*. Or, cette prévision est intégralement confirmée en clinique :

1° Par la symptomatologie de l'appendicite qui compte *la constipation* parmi ses signes cardinaux;

2° Par les troubles effectifs de transit cæco-ascendant, qui, particulièrement chez les enfants en bas âge, peuvent suivre la suppression *brusque* d'un appendice *indemne* (et dont l'activité n'a donc pu être suppléée *graduellement* par l'appareil sympathique primitif du cæco-côlon ascendant, ce qui semble se produire dans les cas de destructions inflammatoires *lentes*);

3° Par les faits anatomo-pathologiques, enfin, qui corroborent point par point toutes les données cliniques et anatomiques.

Un examen systématique d'un nombre suffisant de cæco-appendices isolés et injectés de liquide, montre, en effet, l'existence d'une relation *organique* directe entre cæcum et appendice, les atteintes diverses de ce dernier ayant des répercussions constantes (9 fois sur 10) sur *la capacité* du cæcum. On assiste ainsi

---

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 517, 555 et 1183; et **224**, 1947, pp. 156, 223 (et *erratum*, p. 1037) et 1181.

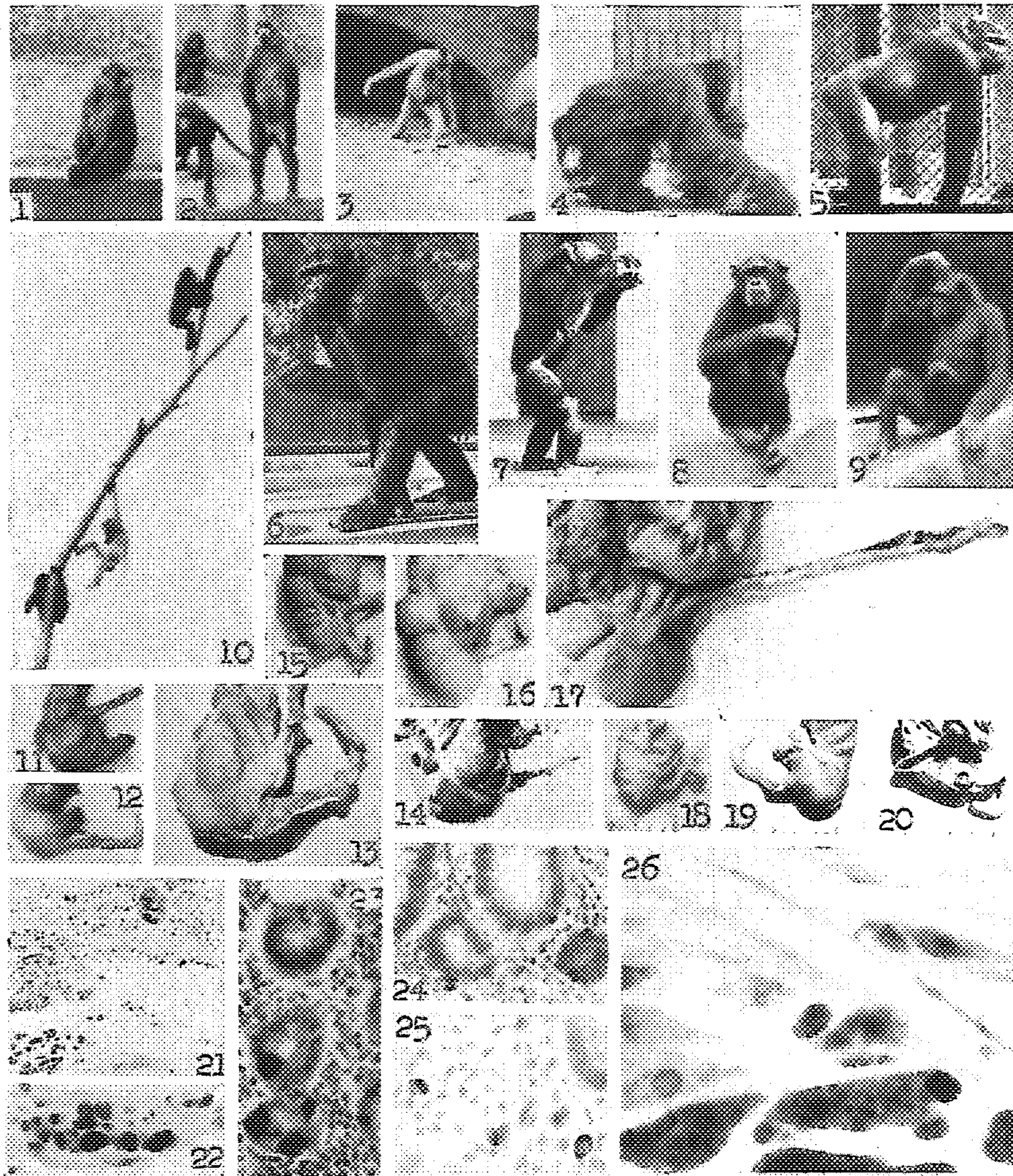


Fig. 1 et 2. Différentes attitudes d'un Singe (Babouin). L'attitude *assise* est prépondérante. — Fig. 3 Attitude de démarche du Gibbon. — Fig. 4. Démarche terrestre de l'Orang, encore presque horizontale. — Fig. 5 et 6. Démarche du Gorille, l'Anthropoïde terrestre; progrès notable dans le redressement du corps. — Fig. 7, 8 et 9. Différentes postures du Chimpanzé, montrant sa parfaite maîtrise de l'attitude érigée. — Fig. 10. Vie arboricole et attitude du tronc. Famille de Gibbons en liberté. (Spécimens du Parc zoologique de Vincennes et du Jardin des Plantes).

Fig. 11, 12 et 13. Cæcum appendiculisé d'un Singe (Macaque), cæco-appendice d'un fœtus humain à terme et cæco-appendice d'Orang. Homologie de l'appendice contractile et de l'appendice différencié; similitude entre l'appendice fœtal et l'appendice de l'Orang. — Fig. 14. Appendice déjà très différencié du Gorille. — Fig. 15 et 16. Appendice de Gibbon et appendice humain. — Fig. 17. Appendice de Chimpanzé : *jeune femelle*; son insertion est toujours supérieure (environ 1/3,5 ×). — Fig. 18. Appendice humain infantile; (garçon 1 an 1/2) commencement de migration ascendante par extension de la bosselure inférieure du cæcum (due au poids des matières et coïncidant avec la station debout). — Fig. 19 et 20. Appendice et valvule appendiculaire insuffisante du nourrisson (voir *fig*. 52).

Fig. 21. Extrémité du ganglion argentaffine du cæcum de Babouin. Imprégnation à chaud (50 ×). Remarquer, *juste au-dessus* des premières cellules ganglionnaires, trois cellules argentaffines banales dans une glande, dont le stock granulaire a *des dimensions monstrueuses*; la cellule du milieu s'étale *sur plus de la moitié* du diamètre de la glande. — Fig. 22. Petit ganglion argentaffine isolé (à cellules rondes) du même cæcum (200 ×). — Fig. 23 et 24. Cellules argentaffines du cæcum de Babouin et de l'appendice humain (garçon de 11 ans); on voit la différence considérable entre les dimensions des deux sortes de cellules (220 × environ). — Fig. 25. Cellules argentaffines appendiculaires migrées dans le stroma (enfant de 11 ans). — Fig. 26. Fragment du ganglion argentaffine (*fig*. 21), vu à un fort grossissement (1300 ×). La fibrille, qui traverse la préparation obliquement en haut et à droite, contient trois granules argentaffines à gauche et deux à droite; leur forme réduite et leur régularité de contours plaident pour *leur origine glandulaire* (voir *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 517). *L'absence totale* de grains semblables sur les autres points de la préparation et le fait qu'ils se trouvent *dans l'épaisseur* de la coupe et non à sa surface rejettent l'idée de précipités ou d'artéfacts, et indiquent qu'à ces points précis l'argent ammoniacal a rencontré des substances réductrices, insolubilisées par le formol (*Comptes rendus*, 224 1947, p. 295).

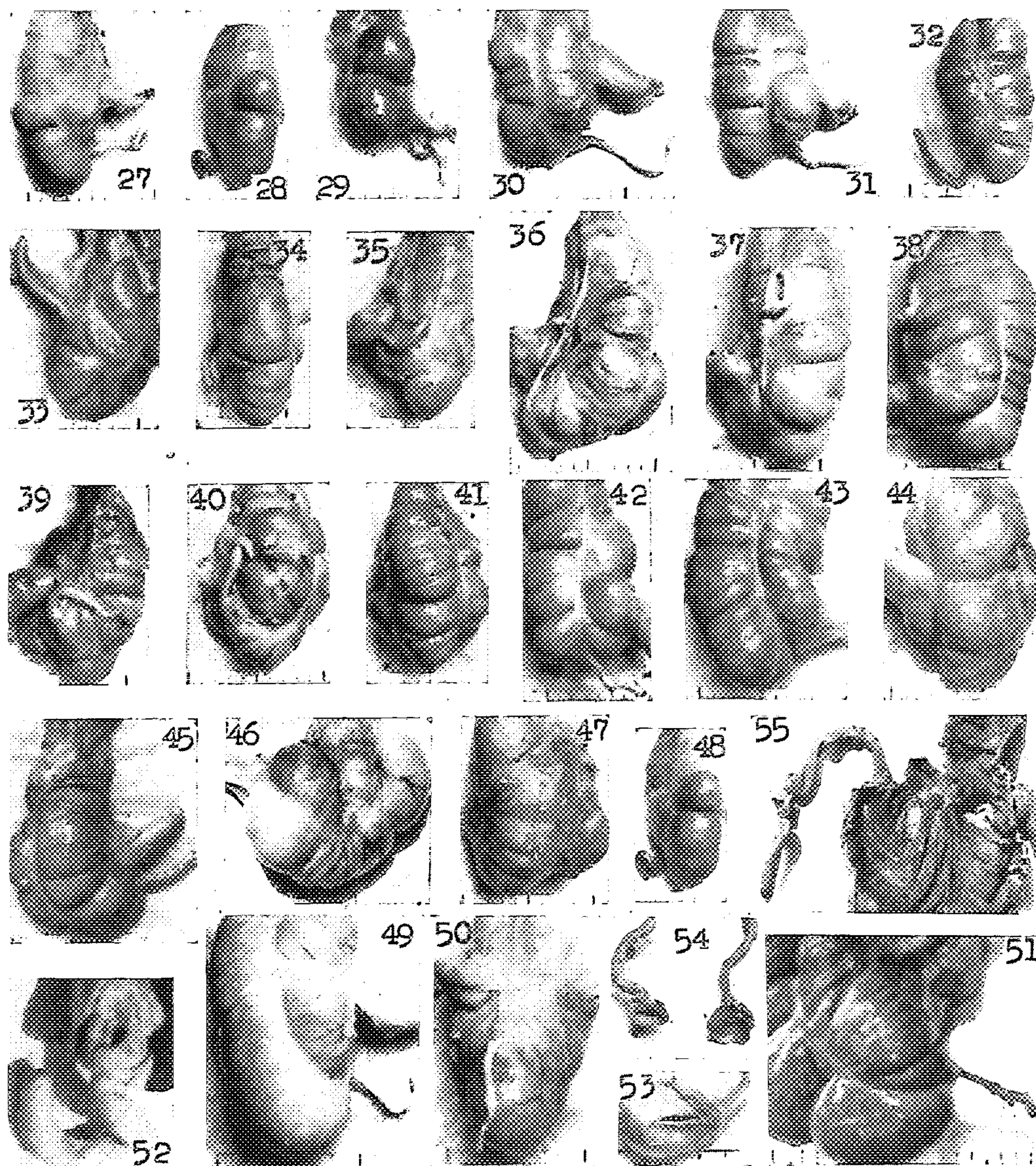


Fig. 27-50. Cæco-appendices humains, injectés de liquide et présentés à la même échelle (env. 1/6 ×). Échelles en cm.

Fig. 27-34. Différentes variétés de cæco-appendices *normaux*. Les figures 28, 32 et 34 sont les profils des figures 27, 31 et 33. Capacités cæcales, variant entre 150 *et* 250$^{cm^3}$. Fig. 33 : variété de cæcum allongé, mais *non dilaté*, vue postérieure (voir profil, *fig* 34). Fig. 30 : homme, 25 ans.

Fig. 35-41. Cæco-appendices *pathologiques* : dilatations cæcales par *inflammations* appendiculaires (capacité variant entre 300 et 500$^{cm^3}$ et plus); vues postérieures; les figures 38 et 41 sont les profils des figures 37 et 40. — Fig. 35. Appendicite *sub-aiguë*; on aperçoit la vascularisation superficielle; dilatation cæcale modérée (300$^{cm^3}$). — Fig. 39. Appendicite *aiguë*, évolutive (capacité du cæcum : 350$^{cm^3}$ environ). — Fig. 36, 37 (38), 40 (41). Appendicites *chroniques*, anciennes, avec adhérences abondantes et dégradation organique profonde (capacités cæcales variant entre 400 et 550$^{cm^3}$ environ). Fig. 35, 39 : femmes, 32 et 32 ans; *fig*. 36, 37, 40 : hommes, 37, 37 et 25 ans.

Fig. 42-51. Cæco-appendices *pathologiques* : dilatations cæcales par *déficience* appendiculaire. — Fig. 45. Appendice *atrophique* (4^{cm},5), partiellement oblitéré, et dilatation cæcale : 450$^{cm^3}$ environ; (homme 40 ans, service du Pr. Loeper). — Fig. 42. Appendice *oblitéré* et dilatation cæcale : 325$^{cm^3}$ environ; (homme 72 ans). — Fig. 43 et 44. Dilatation cæco-ascendante considérable et *absence congénitale d'appendice* (absence de cicatrices opératoires, absence de signes locaux d'inflammation); vue de face et de derrière; dilatation de proche en proche *du côlon ascendant entier* (jeune femme de 22 ans). — Fig. 46. Dilatation cæcale et *privation chirurgicale* de l'appendice (jeune Nègre); ectasie énorme (650$^{cm^3}$), limitée au cæcum. — Fig. 47 et 48. Profil du même organe, comparé au profil d'un organe normal. — Fig. 49 et 50. Dilatation cæcale et colique et *involution sénile* de l'appendice (femme 72 ans); vues antérieure et interne; cæcum démesurément allongé, et dilaté dans tous les sens; dilatation considérable de proche en proche de tout le côlon droit. (Pièces préparées aux laboratoires du Pr. Piedelièvre). — Fig. 51. Cæcum d'un vieux Gorille en état de dilatation extraordinaire; capacité : 1300$^{cm^3}$; appendice scléreux et atrophique par *appendicite ancienne destructive*, et abondantes adhérences; dilatation du côlon ascendant dans la même proportion.

Fig. 52-55. Valvules de l'appendice. — Fig. 52. Orifice de l'appendice *infantile* humain (enfant de 18 mois); début de valvulation muqueuse (1/1 ×). — Fig. 53 et 54. Valvules de l'appendice humain *adulte* (1/3 × et 1/6 ×); formes *suffisantes* (consistant en une plicature muqueuse, fonctionnant passivement à la manière d'une soupape dès la réplétion du cæcum); *formes insuffisantes* 1 *fois sur* 2. — Fig. 55. Valvule *différenciée* (anatomiquement efficiente) de l'appendice du Chimpanzé; double soupape (environ 1/4 ×).

à une sorte de *balancement* entre l'état *d'intégrité* de l'appendice et le degré *de dilatation* du cæcum, par stase (c'est-à-dire, par atonie neuro-musculaire).

En d'autres termes, à un appendice *sain et libre* correspond toujours une poche cæcale *normale et réduite* (dont la capacité ne dépasse pas 250$^{cm^3}$, voir *fig.* 27-34, *Pl. II*); à un appendice *enflammé* correspond toujours un cæcum *à parois dilatées*, dans la même proportion, et atones (dont la capacité atteint 400, 450$^{cm^3}$ et plus, voir *fig.* 35-41, *Pl. II*), la dilatation pouvant dans les cas les plus prononcés se communiquer de proche en proche au côlon ascendant entier (*fig.* 37, 38).

Entre ces deux limites opposées, il existe une gamme entière de poches cæcales modérément ectasiées et paresseuses, mais nettement pathologiques, correspondant à des appendicites bénignes et évolutives (*fig.* 35). Les formes *les plus accentuées* sont représentées par les cas *d'appendicite chronique ancienne*, destructive, à adhérences abondantes (voir *fig.* 36, 37, 38, 40 et 41).

Or, les formes extrêmes, de *dilatations cæcales énormes*, correspondent précisément à des spécimens *manquant d'appendices* : extirpation chirurgicale (*fig.* 46, 48); absence congénitale d'appendice (*fig.* 43, 44); atrophie de l'appendice ou involution sénile (*fig.* 45, 42, 49 et 50).

Les faits anatomo-cliniques confirment donc intégralement l'hypothèse que l'appendice détiendrait le rôle de promoteur dans le mécanisme de l'automatisme cæcal.

PHARMACODYNAMIE. — *Actions comparées de la spartéine et de la procaïne (novocaïne) dans le domaine du système nerveux autonome.* Note (¹) de MM. RENÉ HAZARD, JEAN CHEYMOL et Mlle ÉLISABETH CORTEGGIANI, présentée par M. Léon Binet.

La spartéine coupe la conduction au niveau des ganglions du système nerveux autonome, s'opposant à toutes les actions de la nicotine et des corps nicotiniques portées avant ou sur le ganglion.

La procaïne (novocaïne), bien que sa formule soit très différente de celle de la spartéine, exerce ici les mêmes actions que le principal alcaloïde du genêt. L'analogie se continue même en ce qui concerne les modifications apportées à l'excitabilité des fibres post-ganglionnaires : toutes les deux s'opposent à l'action de l'acétylcholine sur le cœur en la respectant sur la pression artérielle, et accentuant les effets de l'adrénaline.

Seule parmi les poisons nicotiniques, l'hordénine semblait constituer une exception puisque l'on avait constaté que son action sur la pression artérielle et sur l'intestin était maintenue en présence de spartéine (²), alors qu'elle était

(¹) Séance du 31 mars 1947.

(²) R. HAMET, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 651.

supprimée par la procaïne ([3]). En réalité, lorsque l'on met en œuvre des doses élevées de spartéine, l'hordénine n'exerce plus qu'une action à peine sensible sur la pression artérielle, et nulle sur l'intestin (*fig.* 1).

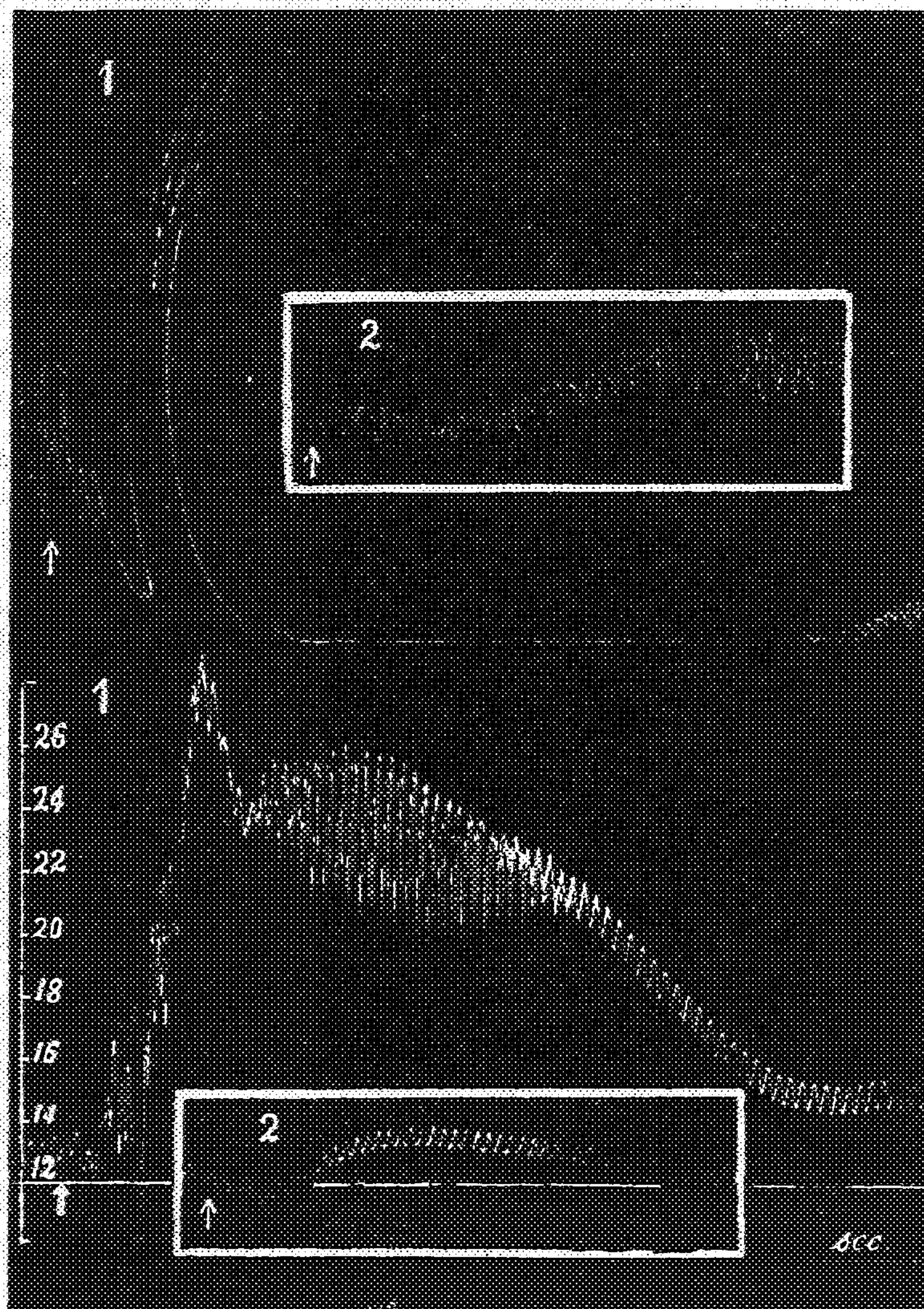


Fig. 1. — *Suppression par la spartéine de l'action de l'hordénine.* Chien ♀ $9^{kg},500$, chloralosé. Tracés supérieurs : intestin *in situ* (méthode du ballon); tracés inférieurs : pression carotidienne avec repère de pression, commun à 1 et 2, à 12 c/m Hg. En bas à droite, les temps en secondes. On injecte par la saphène en ↑, en 1 (à $16^h 40^m$) et 2 (à $17^h 10^m$) $2^{mg},5$ de sulfate d'hordénine par kg; entre 1 et 2 (à 17^h) $0^g,06$ de sulfate de spartéine par kg (tracé réduit de moitié).

Nous avons constaté par contre une vraie différence de comportement de l'une et de l'autre à l'égard de l'inversion de l'adrénaline par l'yohimbine. Malgré la

([3]) R. Hazard et E. Corteggiani, *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1944, p. 805

présence de cet adrénolytique, la spartéine en effet rend de nouveau l'adrénaline hypertensive, ainsi que l'un de nous l'avait déjà constaté (⁴) alors que la

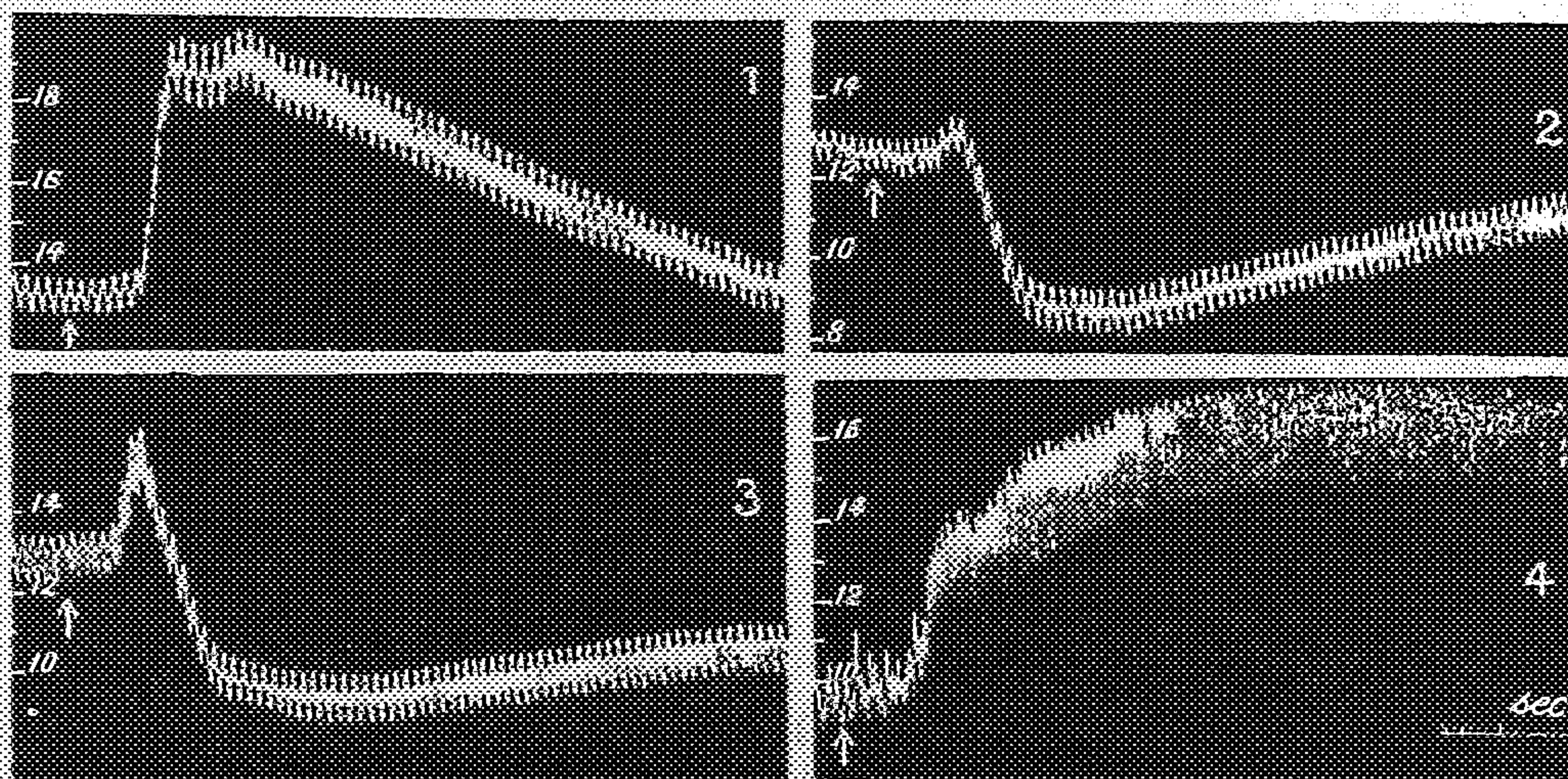


Fig. 2. — *Actions comparées de la novocaïne et de la spartéine sur l'inversion de l'adrénaline par l'yohimbine.* Chien ♂ 6^{kg}, chloralosé, vagotomisé; respiration artificielle. Tracé de pression carotidienne avec repères en c/m Hg; en bas à droite, les temps en secondes. On injecte par la saphène, en ↑, en 1, 2, 3 et 4, 1/100 de milligramme de chl. d'adrénaline en tout; entre 1 et 2 (à 15^{h}45^{m}) 1^{mg} de chl. d'yohimbine; entre 2 et 3 (de 15^{h}55^{m} à 16^{h}), 0^{g},10 de procaïne; entre 3 et 4 (à 16^{h}30^{m}) 0^{g},075 de sulfate de spartéine par kg.

novocaïne respecte et accentue quelquefois l'hypotension adrénalinique (⁵) (*fig.* 2).

Spartéine et procaïne ont donc ici un comportement très différent.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action sur* Bacillus coli *de l'isostère naphtalénique du tryptophane et action de l'acide anthranilique.* Note (¹) de MM. Yves Raoul, Jean Chopin et M^lle^ Andrée Ayrault, présentée par M. Maurice Javillier.

Le noyau indolique de l'hétéro-auxine (acide 3-indolylacétique) a déjà été remplacé par le noyau naphtalénique (acide α-naphtylacétique) sans modification importante de l'action biologique chez les Végétaux. Cette analogie d'action entre les composés à noyau indolique et naphtalénique a été démontrée également pour des antagonistes du tryptophane : l'acide 2-α-naphtylacrylique inhibe l'action de cet aminoacide sur la croissance de cultures de coli-

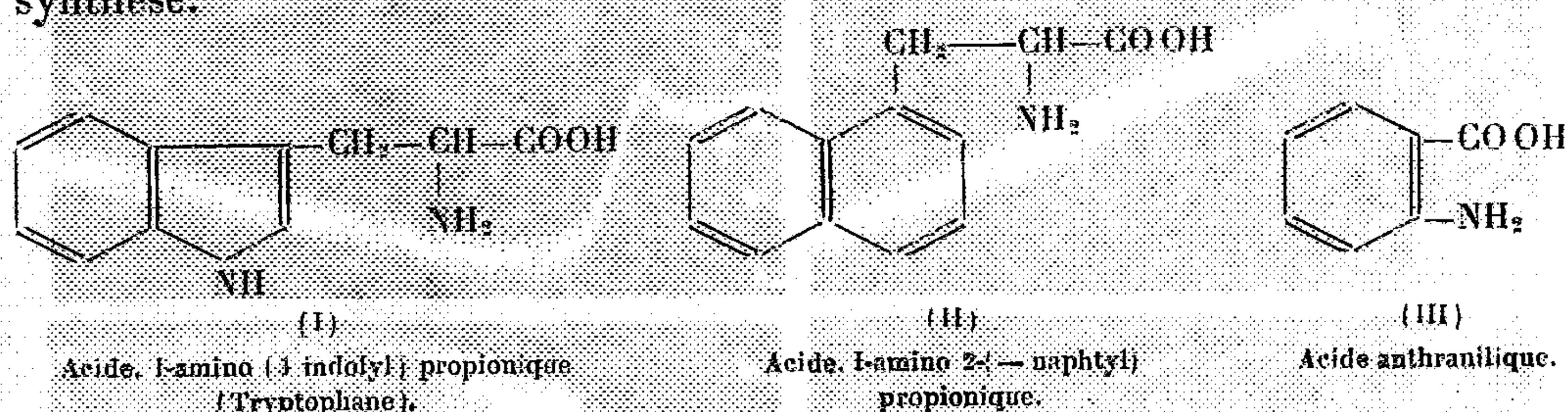
(⁴) R. Hazard, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 486.

(⁵) On constate alors que le crochet passager d'hypertension initiale qui précède immédiatement la chute de pression est souvent accentué par la novocaïne.

(¹) Séance du 28 avril 1947.

bacilles [2] de manière aussi efficace que l'acide 2-(3-indolyl) acrylique [3].

Il restait à rechercher si l'aminoacide artificiel ayant le naphtalène pour noyau peut remplacer le tryptophane normal, dont le colibacille fait la synthèse.



(I) Acide l-amino (3 indolyl) propionique (Tryptophane).

(II) Acide l-amino 2-(α-naphtyl) propionique.

(III) Acide anthranilique.

Nous avons donc fait agir le composé (II) à la place du tryptophane sur des cultures de *B. coli* à développement ralenti par addition des antagonistes spécifiques de l'aminoacide. Nous avons également examiné, dans les mêmes conditions, l'acide anthranilique (III) qui, selon E. Snell [4], peut remplacer le tryptophane pour *Lactobacillus arabinosus* et *L. casei*.

Tableau. — *Action de l'isostère naphtalénique* (II) *et de l'acide anthranilique* (III) *sur le Colibacille à croissance ralentie par l'acide* 2-(3-*indolyl*) *acrylique* (*a*) *ou par l'acide* 2-(α-*naphtyl*) *acrylique* (*b*).

Inhibiteurs.		Facteurs de croissance.		Croissance.		
a.	*b.*	II.	III.	18 h.	36 h.	48 h.
–	–	–	–	+ +	+ + +	+ + +
$3M^{-5}$ [1]	–	–	–	o	o	trace
$3M^{-5}$	–	$5M^{-8}$	–	o	+	+
$3M^{-5}$	–	$5M^{-7}$	–	o	+	+ +
$3M^{-5}$	–	$5M^{-6}$	–	o	+	+ +
$3M^{-5}$	–	$5M^{-5}$	–	o	o	trace
$3M^{-5}$	–	–	M^{-5}	+		
$3M^{-5}$	–	–	M^{-4}	+ +		
$3M^{-5}$	–	–	M^{-3}	+ + +		
–	–	–	–	+ +	+ + +	
–	$2M^{-3}$	–	–	o	o	
–	$2M^{-3}$	$5M^{-7}$	–	o	+ +	
–	$2M^{-3}$	$5M^{-6}$	–	o	+ +	
–	$2M^{-3}$	$5M^{-5}$	–	trace	+ + +	
–	$2M^{-3}$	–	M^{-5}	+ +		
–	$2M^{-3}$	–	M^{-4}	+ +		
–	$2M^{-3}$	–	M^{-3}	+ + +		

(1) $3M^{-5}$: Poids moléculaire $\times 3.10^{-5}$ par litre.

(2) H. Bloch et H. Erlenmeyer, *Helv. Chim. Acta.*, 25, 1942, pp. 694-697.

(3) P. Fildes, *Brit. Journ. Expr. Path.*, 22, 1941, pp. 293-298.

(4) *Arch. Biochem.*, 2, 1943, pp. 389-394.

L'examen du tableau montre que l'isostère naphtalénique du tryptophane peut remplacer celui-ci, mais que son action est moins efficace.

D'autre part, l'acide anthranilique manifeste une action extrêmement favorable. Ce fait suggère que l'acide anthranilique, déjà rencontré au cours de la dégradation du tryptophane par les Bactéries ([5]) et le Rat ([6]), pourrait être un métabolite très proche de cet aminoacide.

Nous poursuivons nos recherches dans cette voie chez les animaux supérieurs.

Remarques. — 1° *L'acide* 2(3-*indolyl*) *acrylique* a été préparé à partir de l'aldéhyde indolique par condensation avec l'acide malonique ([7]). Ce corps, dont les descriptions sont très variables, a été obtenu cristallisé sous forme d'aiguilles blanc grisâtre. (P. F. instantané : 195° C. avec décomposition; N % : trouvé 7,41, calculé 7,48).

2° *L'acide* 2-(*α-naphtyl*) *acrylique* a été préparé de la même manière à partir de l'α-naphtylaldéhyde (Bloch et Erlenmeyer, *loc. cit.*).

3° *L'acide* 1-*amino* 2(*α-naphtyl*) *propionique* a été préparé d'une part au moyen de l'ancien procédé de Kikkoji ([8]) et, d'autre part, à l'aide de la méthode d'Albertson ([9]), ainsi que l'ont fait récemment H. Erlenmeyer et W. Grubenmann ([10]).

A 15h55m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h 30m.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 20 janvier 1947.)

Note de M. *Wladislas Kopaczewski*, Analyse électrocapillaire et caractères physicochimiques du sol :

Page 294, ligne 14, *au lieu de* (%), *lire* (‰); ligne 16, 3e colonne, *au lieu de* 73,0, *lire* 72,0, et ligne 17, 1re colonne, *au lieu de* 40,2.10⁻³, *lire* 0,2.10⁻³.

([5]) T. Sasako, *Journ. Biochem.*, Japon, **2**, 1923, p. 251.

([6]) Y. Kotake, *Journ. Chem. Soc. Jap.*, **65**, 1939, p. 632.

([7]) L. C. Bauguess et C. P. Berg, *Journ. Biol. Chem.*, **104**, 1934, p. 676.

([8]) *C. Zentr.*, **11**, 1911, p. 1255. Nous remercions M. G. Sandulesco qui a préparé le corps par cette méthode.

([9]) *Am. Soc.*, **68**, 1946, p. 450.

([10]) *Helv. Chim. Acta*, **30**, 1947, p. 297.

(Séance du 10 mars 1947.)

Note de M. *Jean Thibaud*, Les particules ultra-légères accompagnant l'émission β.

Page 914, 7e ligne, *au lieu de* corpuscules δ', *lire* corpuscules β.

(Séance du 17 mars 1947.)

Note de MM. *Paul Lacombe* et *Nicolas Yannaquis*, Influence des facteurs cristallographiques sur la corrosion intergranulaire de l'aluminium de haute pureté :

Page 921, 10e ligne, *supprimer :* Le fait que

Page 922, légende de la figure 2, *au lieu de* du même cristal, *lire :* d'un même cristal.

Notes en bas de page, *lire* (6) *au lieu de* (5) et (7) *au lieu de* (6).

(Séance du 14 avril 1947).

Note de M. *Ernest Esclangon*, Sur le calcul des corrections de réfraction géodésique :

Page 1085, 23e ligne, *au lieu de* $30000 \sin\zeta_0/\text{km}$, *lire* $30000^{\text{km}}/\sin\zeta_0$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 MAI 1947.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice sur ÉDOUARD CHATTON,
Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie,
par M. **MAURICE CAULLERY.**

ÉDOUARD-PIERRE-LÉON CHATTON, né le 11 octobre 1883, à Romont (Suisse), vient de s'éteindre à Banyuls, le 23 avril, dans sa 64e année, après une longue et implacable maladie, qui l'avait littéralement annihilé. Avec lui disparaît un éminent zoologiste, qui laisse une œuvre considérable et homogène, exprimée dans plus de 250 publications, dont certaines sont des monographies magnifiques et de grande ampleur [1].

Résumons d'abord sa carrière. Il avait eu, dès l'enfance, le goût des sciences naturelles. Il vint faire sa licence à la Sorbonne et fréquenta immédiatement les laboratoires de Roscoff et de Banyuls, où il fit sans tarder des trouvailles intéressantes. C'est ainsi que j'entrai en contact avec lui dès 1905 et que, sur ma recommandation, il entra, à l'Institut Pasteur, dans le service de F. Mesnil. Il trouva là l'occasion de compléter sa formation par la pratique de l'expérimentation méthodique et rigoureuse, et ses qualités de chercheur furent rapidement appréciées. Il suit dès lors une double voie : d'une part l'étude expérimentale des Protozoaires pathogènes ou parasites, de l'autre la poursuite des recherches de zoologie marine entreprises précédemment et qui s'avèrent très fécondes. La guerre de 1914 survient; blessé en 1915 au front d'Artois, il est envoyé, après son rétablissement, en Tunisie (où il avait déjà travaillé, en 1913, sous la direction de Charles Nicolle); il y organise et dirige, à Gabès, un laboratoire militaire de bactériologie.

La paix revenue, il soutient sa thèse de doctorat (terminée dès 1914), mono-

[1] On pourra se rendre compte de cette œuvre, mieux que dans cette brève Notice, en consultant ses *Titres et Travaux scientifiques* (Sète, 1937, in-4°, 407 pages), portant, à cette date, sur 240 Notes et Mémoires et qui peuvent être une utile source d'inspiration pour des recherches nouvelles et variées.

graphie considérable et novatrice sur les Péridiniens Blastodinides. Il est alors nommé maître de conférences, puis bientôt professeur titulaire à la Faculté des Sciences de Strasbourg et, pendant dix ans, il y enseigne brillamment en formant une série d'élèves, dont plusieurs sont aujourd'hui des maîtres. En 1932, il est transféré à la Faculté de Montpellier, où l'attire la Station de Zoologie marine de Sète, qu'il réorganise et développe de façon heureuse, en y formant de nouveaux élèves. En 1937, il succède à O. Duboscq dans la direction du Laboratoire Arago à Banyuls, et devient ainsi professeur à la Sorbonne. En 1933, il avait été élu Correspondant de l'Académie et, s'il eût résidé à Paris, il eût eu les chances les plus sérieuses de devenir bientôt Membre de la Section de Zoologie. Sa place, s'il eût vécu, était marquée parmi les Membres non-résidants. Son œuvre le qualifiait pour cela de façon indéniable.

Elle est considérable et magistrale, par le nombre élevé et l'intérêt des types sur lesquels elle a porté et qu'elle a souvent découverts et par l'ampleur des questions qu'elle a posées et souvent résolues. Le principal champ d'études d'Édouard Chatton a été le vaste groupe des Protozoaires et surtout leurs formes marines et parasites. Sa thèse de doctorat, sur les Flagellés Péridiniens dont il a fait le groupe des Blastodinides, est un travail magistral, révélant tout un groupe nouveau, en analysant minutieusement la structure et le cycle évolutif. Fort de cette expérience, Chatton a pu ensuite identifier et décrire tout un autre groupe de Péridiniens parasites des Radiolaires et où l'on n'avait vu jusque-là qu'une modalité particulière de la reproduction des Radiolaires eux-mêmes. Chatton a apporté diverses autres très intéressantes contributions à l'étude des Péridiniens, notamment à celle du genre *Polykrikos*. Il a fait de nombreux travaux sur divers Flagellés parasites ou pathogènes (*Trichomonas*, Trypanosomes, etc.), ainsi que sur les Amœbiens et sur divers Sporozoaires (Sarcosporidies, *Siedleckia*, *Eleutheroschizon*, *Paramyxa*, etc.).

D'importance toute spéciale est sa contribution à l'étude des Infusoires Ciliés, chez qui il a fait connaître de nombreux types, voire des familles nouvelles. Tels sont ses travaux sur les Ciliés Thigmotriches, parasites des branchies de divers Mollusques; sur les Ciliés Apostomes, qu'il a identifiés à partir de kystes siégeant sur les mues vides de Crustacés et dont il a reconstitué, en partant de là, le cycle évolutif complexe et varié; sur les *Pilisuctoridæ*, parasites sur les poils de Crustacés et sur de curieuses formes particulières, comme le genre *Ellobiophrya*, fixé à la branchie d'un Mollusque Lamellibranche (*Donax*) par une étonnante coaptation, rappelant le mode d'attache des boucles d'oreille, etc.

Formé, à l'Institut Pasteur, à l'expérimentation précise, il a apporté une contribution expérimentale de haute valeur à l'étude des conditions où, chez les Infusoires, se produit la conjugaison, c'est-à-dire se manifeste la sexualité. Ce sujet avait déjà été très fouillé par les recherches classiques de E. Maupas, G. N. Calkins, etc. Chatton a pu établir, avec une parfaite rigueur, sur de

Glaucoma, des *Colpidium* et des Paramécies, que la conjugaison ne relève pas de facteurs internes, mais bien de conditions réalisées dans le milieu extérieur, en particulier de la présence dans celui-ci de composés chimiques définis et de la valeur du pH.

Ces diverses recherches ont, par ailleurs, conduit Chatton, à une série de résultats d'ordre cytologique ayant un intérêt général quant à la structure fondamentale des Protozoaires : mitose (en particulier chez les Amœbiens et les Péridiniens), analyse de l'appareil locomoteur flagellaire ou ciliaire des Flagellés et des Ciliés (cinétide et cinétome, infraciliature, cnidocystes, trichocystes, etc.). Ces divers travaux ont une portée s'étendant à la cytologie générale.

La place que Chatton s'était ainsi faite dans le vaste domaine de la Protozoologie sera mesurée par le fait qu'en Allemagne, il avait été chargé d'écrire une nouvelle édition de l'ouvrage fondamental qu'est le volume classique d'O. Bütschli sur les Protozoaires dans la grande encyclopédie zoologique, *Bronn's Klassen und Ordnungen des Tierreichs*.

Il faut ajouter que Chatton a fait aussi de nombreuses et intéressantes observations et publications sur divers types de Métazoaires, en particulier sur les Copépodes parasites.

Chatton était un travailleur opiniâtre et consciencieux, qui s'est surmené et qui ne publiait que des travaux impeccables, conservant par devers lui nombre d'observations intéressantes qu'il jugeait n'être pas encore suffisamment élaborées. Les lignes précédentes ne peuvent donner qu'une idée très incomplète de son œuvre. Tout au long de sa carrière, il s'était adjoint de nombreux collaborateurs, parmi lesquels je citerai ici A. Lwoff, et il a formé de nombreux élèves. Doué d'une grande habileté de dessinateur, il a illustré ses travaux morphologiques et cytologiques de façon abondante et magnifique.

Il était en pleine activité productrice quand la guerre et la maladie l'ont arrêté, la première par les graves destructions et déprédations infligées par l'ennemi au Laboratoire Arago et qui l'ont mis dans l'impossibilité de travailler, la seconde en l'annihilant lentement et progressivement de façon irrémédiable. La valeur et l'ampleur de son œuvre, à quoi il eût pu encore beaucoup ajouter, doivent être affirmées au moment où il disparaît de façon prématurée.

BIOGÉOGRAPHIE. — *Causes qui ont permis l'établissement et le maintien sans soins d'une biocénose d'arbres exotiques au Jardin botanique de Dalaba.* Note (1) (2) de M. **Auguste Chevalier.**

Non seulement une grande partie des arbres et arbustes de l'association végétale qui s'est constituée sur l'emplacement des pépinières du Jardin

(1) Séance du 5 mai 1947.

(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1248.

botanique de Dalaba fructifient, mais ils donnent des semis naturels aux alentours, semis qui succombent, il est vrai, après l'hivernage, parce que le sol est trop dégradé pour que les jeunes plants puissent se développer. Au contraire, sous le couvert de l'îlot forestier, les plantules sont robustes et certaines se développent sous l'ombrage épais et comblent tous les vides. Déjà dans le sous-bois un humus forestier s'est constitué, humus peu épais, car on sait que dans la forêt tropicale les combustions sont rapides. En profondeur, au niveau A_1, le sol est devenu poreux. L'humidification a donné naissance à des complexes colloïdaux qui se mélangent sur une certaine profondeur au sol minéral rajeuni, et il s'est constitué ainsi un sol nouveau perméable à l'eau et à l'air, à vocation forestière, de sorte que l'association d'arbres créée artificiellement n'a pas de caractère transitoire. Elle est en équilibre, et la végétation environnante, pourtant autochtone, n'a pas de prise sur elle.

Une biocénose particulière très durable, si l'homme n'intervient pas pour la détruire, soit par abattage, soit par le feu de brousse, s'est reconstituée et le plus imprévu c'est qu'elle s'est reconstituée non avec les essences du pays, mais avec celles importées d'une région botanique très éloignée. Tout à côté de cet îlot forestier, vivent encore le long de la rivière des essences forestières africaines : *Pseudospondias microcarpa* Engler, *Sizygium guineense* DC., *Tylostamon Mannii* Stapf, *Carapa procera* DC. qui donnent des graines, mais aucun ensemencement ne s'est fait dans l'îlot de flore asiatique qui constitue bien une association fermée. La flore indigène n'est pas agressive vis-à-vis de la flore importée.

On peut résumer ainsi les diverses étapes de cette création d'association stable dans un pays où la végétation primitive avait été en partie détruite et le sol ruiné :

1° Le sol primitif dégradé a été rendu habitable au semis forestier par le labour, puis par l'amendement et l'irrigation pendant la première année.

2° Par suite du semis dense, les plantules ont recouvert rapidement le sol d'un écran végétal protecteur empêchant la dessiccation de la surface du sol par le soleil, maintenant sa capillarité et permettant à la flore bactérienne et aux micromycètes du sol de s'installer. En même temps les plantules les plus robustes s'enfonçaient profondément et atteignaient le plan d'eau et la couche assez riche encore en substances basiques où puisent les radicelles. Les plantules les moins robustes ont été éliminées par sélection naturelle.

3° Les plants qui ont subsisté ont formé une association où chaque espèce se comporte suivant son tempérament naturel. Il s'est constitué ainsi une jeune forêt mixte où les feuillus dominent. Grâce au voisinage de la rivière et au couvert qui favorise une fraîcheur superficielle, un microclimat favorable à la croissance de la forêt a pris naissance. A cause du couvert, la vitesse d'évaporation est presque nulle dans le sous-bois, même en saison sèche ; en outre, le sol est protégé contre le brouillard et la température reste presque constante.

La troposphère humide qui surmonte le bouquet forestier arrête les ondes de moyenne et courte longueur (H. Scaëtta). Or, il est admis que ce sont ces ondes qui, dans les pays tropicaux, détériorent rapidement les sols dénudés. Le sol forestier se reconstitue et s'améliore ainsi rapidement.

4° Les racines, au fur et à mesure qu'elles s'enfoncent en profondeur et qu'elles s'étendent latéralement, drainent des matières minérales et spécialement du calcium dans les parties profondes qui en sont plus pourvues que les couches superficielles du sol; les feuilles mortes, les brindilles, les fleurs et fruits tombés ramènent le calcium à la surface; il s'établit ainsi un équilibre entre la perte des bases par lessivage et leur apport par la couverture morte; dans ces conditions l'humus devient presque neutre, la podzalisation et même la latérisation s'arrêtent et les bactéries nitrifiantes deviennent plus actives. En outre, la cime des arbres de la forêt, comme l'a montré Scaëtta, grâce au brouillard qui la surmonte souvent, capte de nombreuses poussières minérales et en particulier du calcium, des matières organiques, etc. Cet apport, si minime qu'il soit, favorise aussi la reminéralisation du solum et son enrichissement en matières organiques.

5° Grâce au couvert forestier qui s'est vite établi, la force cinétique des gouttes de pluie arrivant au sol est considérablement amortie; or, on sait que les granules de la surface du sol dénudé s'effritent sous le choc violent des pluies tropicales; l'argile et le limon fin sont entraînés dans les macropores qu'ils finissent par obturer et le ruissellement délayant les terres et amenant le durcissement en croûte survient bientôt. La forêt améliore donc considérablement la terre en amortissant la vitesse de chute des gouttes de pluie et elle agit aussi par les espaces vides que laissent les racines mortes, vides par où peut s'infiltrer l'eau dans le sol et arriver dans les couches où plongent les radicelles.

Ce sont toutes ces causes qui ont amené en l'espace de trente années un rajeunissement certain d'un sol vieilli et ont permis la reconstitution du système colloïdal dégradé dans des terres épuisées. Grâce à ces changements, la microsylve créée artificiellement peut prospérer et se maintenir indéfiniment sans l'intervention de l'homme, si le feu de brousse ne survient pas pour la détruire et dégrader encore de nouveau le sol.

Le fait important aussi que nous avons voulu montrer, c'est la possibilité de reboiser avec des arbres venant d'autres régions du globe un pays tropical qui avait été déforesté.

Le Fouta-Djallon a grand besoin de ces reboisements. C'est un pays quasi ruiné par les feux de brousse et par une agriculture mal comprise. Dans les endroits où la latérisation est arrivée au stade de la croûte ferrugineuse constituant les bowals, le mal est irréparable; par contre, sur les sols non encore concrétionnés on peut régénérer le sol en recréant la forêt par l'emploi d'artifices peu coûteux.

Grâce aux espèces asiatiques que nous avons importées dans ce pays, le

Service forestier a déjà fait des plantations importantes de *Styrax tonkinense*, essence qui s'avère être un des meilleurs moyens de lutter contre les feux de brousse à cause de sa croissance rapide et de son couvert épais. Plus de 500 000 exemplaires de cet arbre ont déjà été plantés à travers la Guinée. Les Conifères des montagnes d'Indochine (Pins, Thuyas, Cyprès), qui croissent très rapidement au-dessus de 800^{m} d'altitude, ont aussi été répandus à des milliers d'exemplaires et l'on peut attendre beaucoup de ces essences. Le *Cassia siamea* se montre aussi une des Légumineuses les plus précieuses pour revaloriser les terres fatiguées et la constitution de jachères arborées de longue durée que l'on pourra utiliser pour l'agriculture après quelques années.

MYCOLOGIE. — *Les Marasmes arborescents du Cameroun.* Note de M. **Roger Heim**.

Au cours d'un récent voyage au Cameroun (juillet-août 1946), nous avons récolté à diverses reprises un Agaric arborescent, d'abord au nord de N'Kongsamba dans la sylve ombrophile de la plaine de Lelem, puis aux environs d'Ebolowa. Il s'agissait du Champignon recueilli en 1894 par G. Zenker au Cameroun, et décrit succinctement sous le nom de *Collybia arborescens* par P. Hennings [1], qui le distribuait plus tard, en 1899, dans l'exsiccata *Flora von Kamerun*, sous le N° 1362, provenant de Bipinde.

Nos récoltes et les observations que nous avons réunies à leur propos nous permettent aujourd'hui d'éclairer la position taxonomique de cette espèce dont les particularités remarquables, à la fois physionomiques, chimiques, anatomiques et cytologiques, ont échappé à l'attention du mycologue allemand.

Ce Champignon est constitué par l'assemblage ordonné d'un certain nombre de carpophores dont les pieds sont soudés sur la partie inférieure et moyenne de leur trajet en un stipe commun enrobé à sa base dans un tomentum crème; les chapeaux correspondants se développent successivement selon une ramification *basipète* (par rapport à l'attache sur le support, formé de feuilles et de débris ligneux morts et enfouis) et axifuge (par rapport à l'axe du stipe commun). Ainsi, l'ensemble dessine une gerbe dont les constituants les plus âgés sont au sommet, les plus jeunes à la base. Le nombre de champignons élémentaires groupés sur le même support est de 20 à 70 environ sur une hauteur totale de 12 à 15^{cm}; le stipe composé, à peine radicant, mesure 1 à 2^{cm} de diamètre et réunit intimement les pieds individuels sur une hauteur de 4 à 6^{cm}. Au delà de celle-ci, les stipes se séparent donc l'un de l'autre tandis que les chapeaux restent distincts, sauf ceux des tout jeunes individus soudés au stipe commun, du moins au début de leur croissance. Chaque piléus, de 2^{cm}

(1) *Engler Botan. Jahrb.*, 22, (1), 1895, p. 106.

environ de diamètre, primitivement à marge enroulée, longtemps globuleux-conique, s'étale ensuite et s'infléchit au centre dont la couleur brun orange ou ocre contraste avec le reste du chapeau, orangé clair (sauf dans la forme albinique). Hygrophane, régulièrement strié par transparence, finement ridé sur sa surface, le chapeau se montre très aisément séparable du pied. Chaque stipe élémentaire, grêle, cylindrique, large de 1^{mm} environ, blanc et un peu renflé au sommet, brun ocré au-dessous, brun orangé vers la base, est couvert d'une fine furfuration correspondant à la présence de poils renflés et bouclés.

Les lamelles sont serrées, étroites, adnées-subdécurrentes, accompagnées de 3-4 cycles de lamellules, et de couleur crème orangé. La chair est blanchâtre, fragile, insipide, à odeur nette d'amandes amères; elle renferme un composé cyanogénétique en quantité exceptionnelle puisque le papier picro-sodé de Guignard rougit intensément à son contact en moins de 20 minutes.

Le revêtement piléique est formé d'un palissadoderme hyméniforme, monostrate, à cellules sphéropédonculées. La trame des lamelles est régulière, le sous-hyménium finement rameux, la chair à cellules larges, irrégulières, peu serrées. L'arête des lames, hétéromorphe, est composée de cystides claviformes.

Sous l'action du chloral iodé, toutes les cellules deviennent brun-roux foncé; sous celle du bleu de crésyl, les éléments constituant le stipe, le derme piléique, les cheilocystides, virent intensément au rouge, la trame des lamelles et la chair plus lentement, l'hyménium non; ces colorations rouges disparaissent instantanément sous l'action de l'ammoniaque.

Mais le caractère le plus remarquable de cette espèce s'applique à la spore. Normales, les basides mûres portent à l'extrémité de quatre longs et fins stérigmates les spores non amyloïdes, étroitement cylindracées, mesurant 9,2-10 sur 3-3,5 μ. Les quatre noyaux de la baside s'étirent en pénétrant dans chacun des stérigmates d'où ils gagnent respectivement les basidiospores naissantes, *toujours uninucléées*. Mais bientôt, dans la spore qui a atteint sa maturité et s'est séparée de la baside, le noyau se divise tandis que l'élément sporal s'enkyste partiellement; une ou deux cloisons transversales apparaissent en effet : dans le premier cas, le septum sépare une cellule hilaire et parfois caduque, énucléée, restant munie d'une seule et mince membrane (celle de la basidiospore primitive), d'une cellule apicale, entourée d'une double et épaisse membrane, renfermant les deux noyaux; dans l'autre éventualité, aussi fréquente, les deux cloisons délimitent pareillement une chlamydospore, ici intercalaire, de même binucléée, et enveloppée d'un double tégument, tandis que les deux calottes polaires, reliques de la basidiospore primitive, peuvent se résorber. Ainsi, des basidiospores ne subsistent plus que de courtes chlamydospores à profil subrectangulaire ou trigone, binucléées, de 4,2-6 sur 3-3,5 μ.

Ce phénomène est constant pour ce Champignon. La presque totalité des spores tombées sont ainsi enkystées, et l'examen des exsiccata de Hennings nous a révélé la même particularité. Par ailleurs, nous avons obtenu des

cultures polyspermes à partir des spores, sur milieux gélosés artificiels, mais sans qu'il nous soit permis d'observer la germination même des chlamydospores qui ont donné naissance à cette réussite culturale.

Cette anomalie sporale fait penser à certains autres Marasmes, du genre *Crinipellis* [*campanella* (Peck) et *mirabilis* Sing.], dans lesquels R. Singer a signalé des basidiospores « finalement cloisonnées transversalement » (1). Dans le *Cr. mirabilis*, de Nouvelle-Calédonie, la cloison isole pareillement une loge basale à membrane double d'une loge apicale à membrane ténue, dispositif dont Singer n'a pas précisé la nature, mais dont il a compris l'intérêt taxonomique puisqu'il l'a introduit dans la diagnose de sa sous-section des *Grisentinæ*.

L'ensemble de nos observations suffit pour assigner au Champignon du Cameroun une position systématique précise. On doit l'inclure parmi les Marasmes — non les Collybies comme l'a fait Hennings — en raison de sa non-putrescibilité, de sa particularité sporale, propre par ailleurs au Marasme néo-calédonien de Singer, et de ses caractères microchimiques et anatomiques qui l'apparentent aux Marasmes *Globularinæ* de Kühner. Le dégagement d'acide cyanhydrique le rapproche encore du *Marasmius globularis*, et aussi du *M. Oreades*, pareillement et fortement cyanogénétique, lui-même de position assez excentrique parmi ce genre. Mais, en résumé, trois particularités méritent d'être retenues à son sujet :

1° Quoique marasmioïde et non putrescible, notre Agaric arborescent manifeste une *nette séparabilité de la chair du pied et du chapeau*, partout fragile; c'est là un indice d'ordre anatomique qui éloigne le Champignon des Marasmes proprement dits.

2° Chaque ensemble de champignons soudés constitue, non pas la réunion d'un certain nombre de carpophores identiques, développés synchroniquement, dont les stipes seraient simplement connés (comme dans le *Collybia confluens* Fr. ex Pers., par exemple), mais bien un *carpophore composé* dont les piléus élémentaires, non équivalents, naissent *successivement* de façon basipète.

3° Caractère exceptionnel, le noyau des basidiospores subit *normalement* au moment de la chute de celles-ci une mitose, qui constitue la troisième mitose apparue depuis la formation du noyau-mère de la baside, et qui conduit à une fragmentation et à un *enkystement partiel* de la basidiospore transformée ainsi directement en chlamydospore à deux noyaux.

Cet ensemble de caractères remarquables nous incite à considérer l'Agaric arborescent du Cameroun comme le type d'une coupure nouvelle, appartenant à la tribu des *Marasmieæ*, voisine du genre hétérogène *Marasmius* et qui n'en saurait peut-être constituer qu'une section extrême pour laquelle nous proposons le nom de *Synpodiæ*.

---

(1) *Rev. de Botan. del Instituto « Miguel Lillo »*, Buenos-Aires, 8, 1942, pp. 490, 492, 497.

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un ouvrage de notre regretté confrère **Jean Perrin**, *Les éléments de la Physique*, qui vient d'être réédité dans la Bibliothèque d'Éducation par la Science, dont la librairie Albin Michel m'a confié la direction.

Dans ce livre, Jean Perrin a exposé, avec son magnifique talent, en partant des éléments, les progrès les plus récents de la Physique moderne.

M. **Émile de Wildeman** fait hommage à l'Académie de trois Mémoires qu'il vient de publier : 1° *Allélopathie ou télétoxie en particulier dans le Règne végétal;* 2° *A propos de liquides mucilagineux intracellulaires;* 3° *Les vents et la végétation:* et d'un Mémoire écrit en collaboration avec M. L. Pynaert, *Notes sur des Lonchocarpus*.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Émile Borel**, **Aimé Cotton**, **Jean Cabannes** pour la Division des Sciences mathématiques, **Hyacinthe Vincent**, **Maurice Caullery**, **Joseph Magrou** pour la Division des Sciences physiques, sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à chacune des places d'Associés étrangers, vacantes par le décès de MM. *Thomas Hunt Morgan* et *Simon Flexner*.

CORRESPONDANCE.

Le Directeur de l'**École Française d'Athènes** invite l'Académie à se faire représenter aux Cérémonies qui auront lieu, du 10 au 17 septembre 1947, pour célébrer le Centième anniversaire de la fondation de cet Établissement.

Sir **Robert Robinson** et M. **Paul Karrer**, élus Correspondants pour la Section de Chimie, adressent leurs remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Centre national de la Recherche scientifique. Service de la Carte des groupements végétaux de la France : *Instructions pour l'établissement de la Carte des Groupements végétaux*, par Josias Braun-Blanquet, Louis Emberger et René Molinier; — Service de la Carte phytogéographique. Carte de la végétation au 200000e. Carte des groupements végétaux au 20000e. *Signes conventionnels pour le travail sur le terrain*, par Henri Gaussen; — *Carte des groupements végétaux de la France*, publiée sous la direction de M. Louis Emberger. *Région N.-O. de Montpellier* (présenté par M. Auguste Chevalier).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une forme des fonctions de Mathieu (et de Mathieu associées) de période $2s\pi$.* Note de M. **Robert Campbell**, présentée par M. Joseph Pérès.

Je propose ici d'appliquer à l'équation de Mathieu associée une méthode de raisonnement et de calcul ébauchée par Poole [1] pour l'équation de Mathieu, et qui fournira une expression remarquable pour les intégrales de période $2s\pi$ de cette équation.

Je prends l'équation de Mathieu associée sous la forme

$$\frac{d^2y}{dx^2} + 2\nu \operatorname{cotg} x \frac{dy}{dx} + (a + k^2\cos^2 x)y = 0. \tag{1}$$

Le changement $\cos x = z$ la met sous la forme

$$(1 - z^2)\frac{d^2y}{dz^2} + (2\nu + 1)z\frac{dy}{dz} + (a + k^2z^2)y = 0, \tag{2}$$

qui admet les points -1 et $+1$ comme singularités régulières, et qui possède donc, si ν est différent de la moitié d'un impair, les deux solutions suivantes (séries convergentes) :

$$\left\{\begin{array}{l} F_1(1-z) = 1 + a_1(1-z) + \ldots + a_n(1-z)^n + \ldots \\ F_2(1-z) = (1-z)^{\frac{1}{2}-\nu}[1 + b_1(1-z) + \ldots + b_n(1-z)^n] \qquad [\text{avec } |1-z| < 2], \end{array}\right. \tag{3}$$

ainsi que les deux autres solutions déduites de celles-ci par le changement de $1 - z$ en $1 + z$ (les a_n et b_n sont fonctions de a et de k^2). Poole a montré que ces quatre solutions sont liées par les relations

$$\left\{\begin{array}{l} F_1(1-z) = \alpha F_1(1+z) + \beta F_2(1+z), \\ F_2(1-z) = \dfrac{1-\alpha^2}{\beta} F_1(1+z) - \alpha F_2(1+z), \end{array}\right. \tag{4}$$

α et β étant des constantes.

La solution $A_1F_1(1-z) + A_2F_2(1-z)$ aura pour période $2s\pi$ si, après s lacets de la variable autour du couple de points -1 et $+1$, elle a repris la même valeur, ce qui s'exprime par la condition suivante (r étant un entier)

$$0 = \begin{vmatrix} \alpha^2 + (\alpha^2 - 1)e^{-2\pi i\nu} - e^{2\pi i\frac{r}{s}} & -\alpha\beta e^{-2\pi i\nu}(1 + e^{-2\pi i\nu}) \\ \dfrac{\alpha}{\beta}(1-\alpha^2)(1 + e^{-2\pi i\nu}) & -e^{-2\pi i\nu}[1 - \alpha^2(1 + e^{-2\pi i\nu})] - e^{2\pi i\frac{r}{s}} \end{vmatrix}$$

qui, tous calculs effectués s'écrit

$$\alpha = \varepsilon \frac{\cos\left(\nu + \dfrac{r}{s}\right)\pi}{\cos\nu\pi} \qquad \varepsilon = \pm 1.$$

---

[1] *Proc. of the London, Math. Soc.*, mars 1921.

Or, α invariant de la substitution (4) est, comme Poincaré l'a démontré, une fonction entière de a et de k^2 que l'on peut calculer, soit en faisant $z = -1$ dans (3), ce qui donne $\alpha = F_1(z) = 1 + \sum_1^\infty 2^n a_n(a, k^2)$ (série convergente), soit en y faisant $z = 0$; ce qui donne

$$\alpha(a, k^2) = \frac{F_1(1)F'_2(1) + F'_1(1)F_2(1)}{F_1(1)F'_2(1) - F'_1(1)F_2(1)},$$

expression plus compliquée, mais qui présente le double intérêt de faire intervenir des séries plus convergentes et de donner pour β la valeur suivante, qui sera encore valable quand ν deviendra égal à la moitié d'un impair :

$$\beta(a, k^2) = \frac{-2F_1(1)F'_1(1)}{F_1(1)F'_2(1) - F'_1(1)F_2(1)};$$

la condition pour que l'équation (1) admette une solution de période $2s\pi$ est donc qu'il existe entre les paramètres la relation transcendante

$$\alpha(a, k^2)\cos\nu\pi + \varepsilon\cos\left(\nu + \frac{r}{s}\right)\pi = 0.$$

Le calcul des constantes A_1 et A_2 montre alors que la solution de période $2\pi s$ correspondante a pour expression, à un facteur près

$$y_s(1-z) = G_1\cos\frac{r\pi}{2s} - G_2\sin\left(\nu + \frac{r}{2s}\right)\pi \qquad \text{si} \quad \varepsilon = +1;$$

$$\overline{y}_s(1-z) = G_1\sin\frac{r\pi}{2s} + G_2\cos\left(\nu + \frac{r}{2s}\right)\pi \qquad \text{si} \quad \varepsilon = -1.$$

où

$$G_1 = \frac{F_1(1-z)}{F_1(1)} = \frac{\sum_0^\infty a_n(1-z)^n}{\sum_0^\infty a_n},$$

$$G_2 = \frac{F_2(1-z)}{F_2(1)} = (1-z)^{\frac{1}{2}-\nu}\frac{\sum_0^\infty b_n(1-z)^n}{\sum_0^\infty b_n}.$$

Si ν est la moitié d'un impair, la série F_2 n'est plus solution ou se confond avec F_1. Il faut alors la remplacer par l'expression

$$\overline{F}_2(1-z) = F_1(1-z)\,\mathrm{Log}(1-z) + H_1(1-z),$$

H étant entière ou méromorphe. Si l'on désigne alors la solution de période $2s\pi$ par $A_1F_1 + \overline{A_2}\overline{F_2}$; la condition entre les paramètres pour qu'elle existe

s'écrit .

$$\begin{vmatrix} 1+\alpha\beta\pi i-\beta^2\pi^2-e^{2\pi i\frac{r}{s}} & \beta^2\pi i \\ \pi i(1-\alpha^2)+\alpha\beta\pi^2 & 1-\alpha\beta\pi i-e^{+2\pi i\frac{r}{s}} \end{vmatrix}=0,$$

qui, tous calculs effectués, s'écrit

$$\beta(a,\, k^2)=\frac{2\varepsilon}{\pi}\sin\frac{\pi r}{s}.$$

L'intégrale de période $2s\pi$ correspondante a alors pour expression

$$Y_s=G_1\sin\frac{r\pi}{2s}+\frac{\overline{G_2}}{\pi}\cos\frac{r\pi}{2s}\qquad \text{si}\quad \varepsilon=+1,$$

$$\overline{Y_s}=G_1\cos\frac{r\pi}{2s}-\frac{\overline{G_2}}{\pi}\sin\frac{r\pi}{2s}\qquad \text{si}\quad \varepsilon=-1.$$

Les « fonctions de Mathieu associées », définies par MM. Ince et Humbert, sont obtenues par les expressions y_s, $\overline{y_s}$, Y_s, $\overline{Y_s}$ en faisant $s=1$, en remplaçant z par $\cos x$ et en multipliant la solution ainsi obtenue par $\sin^\nu x$. Si $\nu=0$ ou 1, les résultats trouvés sont relatifs aux fonctions de Mathieu ordinaires.

TOPOLOGIE. — *Sur les variétés de niveau d'une fonction numérique.* Note (1) de M. **Georges Reeb**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit f une fonction deux fois continûment différentiable, définie dans une variété numérique compacte et connexe V_n. Supposons que les points singuliers de f soient isolés. Désignons par $\tilde{V}$ la réunion des variétés connexes de niveau singulières de f (2). Le complémentaire de $\tilde{V}$ est un ouvert Ω formé d'un nombre fini q de composantes connexes Ω_i $(i=1, \ldots, q)$. Chacune de ces composantes connexes Ω_i est homéomorphe à un produit topologique $V^i_{n-1}\times I$, où V^i_{n-1} est une variété connexe de niveau de f et I un intervalle ouvert de R^1. Il en résulte que $\Omega=U_i\Omega_i$ est homéomorphe au produit topologique $V_{n-1}\times I$, où V_{n-1} est la variété à $n-1$ dimensions $V_{n-1}=\bigcup_i V^i_{n-1}$.

Utilisons les homomorphismes bien connus entre les groupes d'homologie de la variété V_n, du sous-ensemble compact $\tilde{V}$ de V_n, et de V_n modulo $\tilde{V}$, en remarquant qu'entre les groupes d'homologie de la dimension p et $p-1$ de Ω modulo V, et de V_{n-1}, on a l'isomorphisme $H^p(V_n/\tilde{V})=H^{p-1}(V_{n-1})$.

Ces homomorphismes s'énoncent ainsi (en prenant pour coefficients les éléments d'un corps)

$$(\bar{1})_p\qquad b'_p V_n)=b_p(\tilde{V})-b'_p(\tilde{V}),$$

$$(\bar{2})_p\qquad b'_p(\tilde{V})=b_p(V_{n-1})-b'_p(V_{n-1}),$$

$$(\bar{3})_p\qquad b'_p(V_{n-1})=b_{p+1}(V_n)-b'_{p+1}(V_n),$$

(1) Séance du 28 avril 1947.

(2) Voir G. Reeb, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 847.

en désignant par $b_p(K)$ le nombre de Betti de dimension p de K, et par $b'_p(K)$ un entier vérifiant $0 \leqq b'_p(K) \leqq b_p(K)$.

Ce système d'égalités peut être remplacé par le système équivalent suivant :

$$(1)_p \quad b_p(\tilde{V}) + b_{p+1}(V_n) - b_p(V_{n-1}) = b'_p(V_n) + b'_{p+1}(V_n),$$

$$(2)_p \quad b_p(V_{n-1}) + b_p(V_n) - b_p(\tilde{V}) = b'_p(V_{n-1}) + b'_{p-1}(V_{n-1}),$$

$$(3)_p \quad b_{p+1}(\tilde{V}) + b_p(V_{n-1}) - b_{p+1}(V_n) = b'_{p+1}(\tilde{V}) + b'_p(\tilde{V}),$$

qui entraîne un système d'inégalités entre les nombres de Betti de $\tilde{V}$, V_{n-1} et V_n obtenu en écrivant que les premiers membres de $(1)_p$, $(2)_p$ et $(3)_p$ sont positifs.

Par une sommation alternée par rapport à l'indice p sur l'une des égalités $(1)_p$, $(2)_p$ ou $(3)_p$, nous obtenons l'égalité

$$\chi(\tilde{V}) = \chi(V_n) + \chi(V_{n-1}),$$

où $\chi(K)$ désigne la caractéristique d'Euler-Poincaré de K. Comme V_n et V_{n-1} sont des variétés compactes de dimensions n et $n-1$, il en résulte

$$\text{(I)} \quad \boxed{\text{si } n \text{ pair,} \quad \chi(\tilde{V}) = \chi(V_n)},$$

$$\text{(II)} \quad \boxed{\text{si } n \text{ impair,} \quad \chi(\tilde{V}) = \chi(V_{n-1})}.$$

Toutes ces relations sont valables si les points singuliers ne sont plus isolés, à condition de supposer que l'ensemble Ω est formé d'un nombre fini de composantes connexes.

Revenant au cas de points singuliers isolés, on peut établir entre les nombres $b_p(\tilde{V}_i)$, $b_p(\tilde{\Omega}_i)$ et A^i_p [où $b_p(K)$ est le nombre de Betti de dimension p de K (mod 2), $\tilde{V}_i$ une composante connexe de $\tilde{V}$, $\tilde{\Omega}_i$ la réunion des Ω_j contenant des points de $\tilde{V}_i$ dans leur adhérence et vérifiant $f(\Omega_j) \leqq f(\tilde{V}_i)$, et A^i_p le nombre type de la dimension p de la valeur singulière $f(\tilde{V}_i)$] les relations suivantes ([3]) [en utilisant les relations entre $b_p(\Omega_i \cup \tilde{V}_i / \Omega_i)$, $b_p(\tilde{V}_i)$ et $b_p(\tilde{\Omega}_i)$] :

$$b_p(\tilde{V}_i) = b_p(\tilde{\Omega}_i) + A'^i_p - A''^i_{p+1} \qquad \text{où} \quad A'^i_p \text{ et } A''^i_p \text{ sont entiers et } A'^i_p + A''^i_p = A^i_p.$$

En posant

$$\sigma_p = \sum A^i_p, \qquad \sigma'_p = \sum_i A'^i_p, \qquad \sigma''_p = \sum_i A''^i_p,$$

on en déduit

$$\text{(III)} \qquad b_p(V_{n-1}) = b_p(\tilde{V}) + \sigma''_{p+1} - \sigma'_p.$$

([3]) Voir Eisholtz, *Recueil Mathématique de Moscou*, 1939, pp. 559-564.

Remplaçons $b_p(V_{n-1})$ par sa valeur dans les inégalités (1_p) et (2_p); il vient :

$$b_{p+1}(V_n) + \sigma'_p \quad - \sigma''_{p-1} \geqq 0,$$
$$b_p \quad (V_n) + \sigma''_{p+1} - \sigma'_p \quad \geqq 0,$$

d'où encore

$$\sigma_p + b_{p-1}(V_n) + b_{p+1}(V_n) \geqq \sigma'_{p-1} + \sigma''_{p+1} \geqq \sigma_p - 2b_p(V_n).$$

Par une sommation alternée sur l'indice p de l'égalité (III) et par comparaison avec les égalités (I) et (II), nous retrouvons la relation bien connue

$$\sum_p (-1)^p \sigma_p = \chi(V_n).$$

Tous les résultats de cette Note sont encore valables si la fonction f prend ses valeurs dans le cercle S (en exceptant le cas où f n'a aucune singularité).

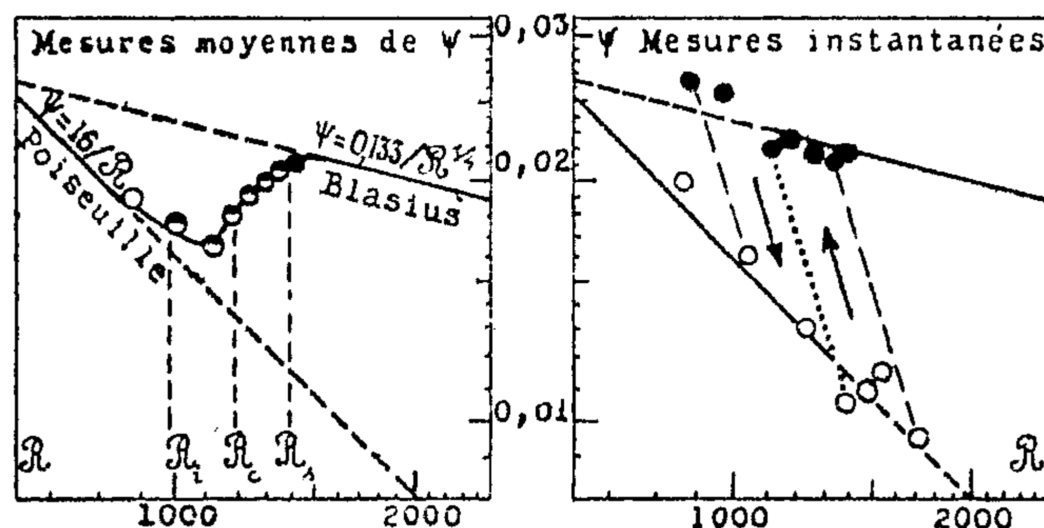
HYDRAULIQUE. — *Sur les changements de régime dans les canalisations. Étude sélective de la perte de charge.* Note (1) de MM. **Louis A. Sackmann** et **François Codaccioni**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons exposé (2) le principe des *mesures instantanées* de la vitesse d'écoulement dans une canalisation donnant en régime transitoire deux valeurs extrêmes de la vitesse (et du nombre de Reynolds), et conduisant ainsi à un dédoublement du point représentatif moyen de la perte de charge tiré du débit d'écoulement.

Nous rapportons ici l'étude détaillée de cette scission par les mesures sélectives des caractéristiques extrêmes des régimes composants.

Le dispositif expérimental dérive de celui de Reynolds.

La mesure de la vitesse instantanée est ramenée à celle de la portée horizontale du jet s'échappant de la canalisation.



Changement de régime dans les canalisations. Étude de la perte de charge.

Nous définirons deux nombres de Reynolds instantanés (laminaire et turbulent) que nous mettons en parallèle avec le nombre moyen (tiré du débit).

---

(1) Séance du 10 mars 1947.

(2) A. Sackmann, *Sur les changements de régime dans les canalisations. Mesures instantanées des caractéristiques* (*Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 793).

Les coefficients de perte de charge sont calculés en faisant intervenir la correction de force vive, variable suivant le régime du moment.

Notations et données expérimentales. (Unités C. G. S.)

U,	vitesse de débit		
a,	rayon du tube d'écoulement........	$a = 0,2107$	
ρ,	masse spécifique de l'eau..........	$\rho = 0,9984$	(19°)
μ,	viscosité absolue de l'eau...........	$\mu = 0,0103$	»
$\frac{Ua\rho}{\mu} = R$,	nombre de Reynolds		
H,	charge motrice variable		
$\rho g H = \Delta P$,	perte de charge totale		
$0,5\,k\rho U^2 = \Delta p'$,	correction de force vive............	$k = 2,16$	(laminaire)
$\Delta P - \Delta p' = \Delta p$,	perte de charge corrigée............	$1,08$	(turbulent)
Δl,	longueur totale du tube............	$\Delta l = 89,1$	
$\dfrac{\frac{\Delta p}{\Delta l}}{\frac{\rho U^2}{2a}} = \Psi$,	coefficient de perte de charge.......	$\Psi = \begin{cases} \dfrac{16}{R} & \text{(laminaire)} \\ \dfrac{0,133}{R^{\frac{1}{4}}} & \text{(turbulent)} \end{cases}$	

U_T, U, U_L,	vitesses de débit..........	(turbulente, moyenne, laminaire)
R_T, R, R_L,	nombres de Reynolds......	(» » »)
Ψ_T, Ψ, Ψ_L,	coefficients unitaires......	(» » »)
R_s, R_c, R_i,	nombres de Reynolds......	(supérieur, critique, inférieur)

Tableau de mesures et d'observations.

N°s.	H.	U_T.	U.	U_L.	R_T.	R.	R_L.	Ψ_T. (10^4)	Ψ. (10^4)	Ψ_L. (10^4)	Observations qualitatives.
1......	23,90	68,0	68,9	–	1390	1407	–	215	208	–	Régime turbulent 100 %.
2......	22,25	66,0	66,6	84,0	1350	1360	1710	210	206	95	Discontinuités.
3......	20,20	62,5	63,8	75,0	1270	1303	1530	215	202	115	Décrochages croissants.
4......	18,05	58,0	60,9	72,5	1180	1244	1480	225	193	110	Prépondérance turbulente.
5......	15,95	55,0	58,2	68,5	1120	1188	1400	220	180	105	Transition isochrone.
6......	13,90	48,0	55,5	60,0	980	1133	1220	255	165	130	Prépondérance laminaire.
7......	11,90	43,5	49,6	51,5	890	1013	1050	265	175	160	Discontinuités.
8......	9,90	–	43,5	42,5	–	888	870	–	192	200	Régime laminaire 100 %.

Résultats de l'étude sélective. — Les variations de $\Psi = f(R)$ sont représentées sur la figure double ci-dessus, avec les graphiques comparés des *mesures moyennes* classiques, donnant le raccord continu (précision 1/1000), *mesures instantanées* de l'étude sélective nouvelle (précision 1/100).

Les résultats actuels dégagés de cette étude particulière sont : 1° A toute charge motrice H du domaine de transition $R_s R_c R_i$ correspondent 2 points caractéristiques des régimes instantanés extrêmes, avec $R_T > R_L$; 2° Les régimes instantanés extrêmes sont soit turbulents, soit laminaires ; 3° La durée

d'existence des régimes composants évolue lorsqu'on traverse le domaine de transition $R_s R_c R_i$, en faisant varier le nombre de Reynolds moyen : pour $R_s > R > R_c$, le régime turbulent est prépondérant; il est définitivement stable pour $R = R_s \neq 1400$; pour $R_c > R > R_i$, le régime laminaire est prépondérant; il est définitivement établi pour $R = R_i \neq 950$; pour $R = R_c = 1188$, les 2 régimes sont également probables; leurs durées d'existence moyenne, égales, sont de l'ordre de 1 seconde.

4° L'équilibre des régimes alternants est métastable.

Conclusion. — En résumé, le phénomène de transition réel et instantané est représenté par deux branches distinctes, portions homologues des droites de Poiseuille et de Blasius, occupées alternativement.

Le phénomène de transition moyen, basé sur les mesures volumétriques, représente en fait l'intégration de ces états variables en fonction du temps.

HYDRAULIQUE. — *Chambre d'équibre alimentée par deux lacs dans lesquels les niveaux sont à des altitudes différentes.* Note [1] de M. V. **Goutkin**, transmise par M. Charles Camichel.

M. L. Escande a indiqué [2] les méthodes de calcul applicables à une chambre d'équilibre de section horizontale F, alimentée par deux canaux d'amenée provenant de deux lacs dans lesquels les niveaux *statiques* sont à la même cote (sections droites f_1 et f_2, longueurs L_1 et L_2, pertes de charge $P_1 = K_1 q_1^2$ et $P_2 = K_2 q_2^2$ pour les débits $q_1 = f_1 W_1$ et $q_2 = f_2 W_2$ comptés positivement vers la chambre) : cette étude l'a conduit à la notion de canal équivalent (L, f), défini par l'égalité : $f/L = (f_1/L_1) + (f_2/L_2)$ (1).

Nous avons repris l'étude de cette question en envisageant le cas général, souvent réalisé en pratique, où il existe une différence A entre les cotes des plans d'eau dans les deux lacs. On a alors : $Z_2 = Z_1 + A$ (2), Z_1 et Z_2 désignant les cotes du plan d'eau dans la chambre d'équilibre, comptées à partir des niveaux statiques respectifs des deux lacs.

q_1, W_1, q_2, W_2 étant comptés positivement vers la chambre d'équilibre, on a les relations générales :

$$q_1 + q_2 = f_1 W_1 + f_2 W_2 = FV + Q, \qquad V = \frac{dZ_1}{dt} = \frac{dZ_2}{dt},$$

$$\frac{L_1}{g}\frac{dW_1}{dt} + Z_1 + \varepsilon_1 P_1 = 0 \qquad \text{et} \qquad \frac{L_2}{g}\frac{dW_2}{dt} + Z_2 + \varepsilon_2 P_2 = 0,$$

dans lesquelles V désigne la vitesse ascensionnelle du plan d'eau dans la chambre d'équilibre, Q le débit des conduites, ε_1 et ε_2 égaux à ± 1, ayant respectivement les signes de q_1 et q_2.

---

[1] Séance du 9 avril 1947.

[2] *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 245; *ibid.*, 216, 1943, p. 31.

Notre méthode de calcul est basée sur l'approximation consistant à admettre que la relation entre pertes de charge

(3) $$\varepsilon_1 P_1 = \varepsilon_2 P_2 + A,$$

qui existe en régime permanent, demeure sensiblement valable pendant les oscillations. Dans ces conditions, les relations (2) et (3) donnent

(4) $$Z_1 + \varepsilon_1 P_1 = Z_2 + \varepsilon_2 P_2,$$

et il est possible de résoudre graphiquement les problèmes intéressant les applications, sans recourir à la méthode D. F. ([3]) d'une application beaucoup plus longue.

1° *Étude de la fermeture complète instantanée à partir du débit maximum* Q_0 *des turbines.* — Les relations précédentes permettent d'écrire

$$\frac{LF}{gf} V \frac{dV}{dZ_1} + Z_1 + \varepsilon_1 P_1 = 0, \qquad P_1 = K_1 q_1^2,$$

$$q_1 = \frac{-\varepsilon_2 K_2 FV + \sqrt{\varepsilon_1 \varepsilon_2 K_1 K_2 F^2 V^2 + A(\varepsilon_1 K_1 - \varepsilon_2 K_2)}}{\varepsilon_1 K_1 - \varepsilon_2 K_2}.$$

Pendant le début de la première montée, on a

$$q_1 > 0, \qquad q_2 > 0, \qquad \varepsilon_1 = +1, \qquad \varepsilon_2 = +1,$$

jusqu'au moment où

$$P_1 = A = K_1 F^2 V^2, \qquad q_1 = FV, \qquad q_2 = 0, \qquad V = \frac{1}{F}\sqrt{\frac{A}{K_1}},$$

ensuite q_2 et ε_2 deviennent négatifs.

Les relations précédentes permettent de construire graphiquement, par le procédé habituel des normales, la courbe (Z_1, V) et de déterminer, en particulier, la cote maxima atteinte par le plan d'eau, à la fin de la première montée.

2° *Étude d'une ouverture complète instantanée de* 0 *à* Q_0. — Vis-à-vis des relations précédentes, seule change l'expression de q_1 qui devient

$$q_1 = \frac{-\varepsilon_2 K_2 (FV + Q_0) + \sqrt{\varepsilon_1 \varepsilon_2 K_1 K_2 (FV + Q_0)^2 + A(\varepsilon_1 K_1 - \varepsilon_2 K_2)}}{\varepsilon_1 K_1 - \varepsilon_2 K_2}.$$

Au début de la descente, on a

$$q_1 > 0, \qquad q_2 < 0, \qquad \varepsilon_1 = +1, \qquad \varepsilon_2 = -1$$

jusqu'au moment où

$$P_1 = A = K_1 q_1^2, \qquad q_1 = Q_0 + FV, \qquad q_2 = 0, \qquad V = \frac{1}{F}\left[\sqrt{\frac{A}{K_1}} - Q_0\right];$$

ensuite q_2 et ε_2 deviennent positifs.

L'intégration graphique s'effectue suivant les mêmes principes que pour la

---

([3]) L. ESCANDE, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 479.

fermeture et permet de déterminer, en particulier, la descente maxima du plan d'eau.

Remarques. — Pour l'application graphique de la méthode de calcul qui vient d'être exposée, méthode qui s'étend sans difficulté au cas d'une chambre à étranglement inférieur, il y a intérêt à utiliser les grandeurs relatives habituelles. Dans le cas particulier où $A = 0$, nos calculs se réduisent exactement aux formules données par M. L. Escande.

ESSAI DES MATÉRIAUX. — *Étude de la dispersion des essais de traction sur les fontes grises perlitiques*. Note ([1]) de MM. **Paul Bastien** et **Louis Beugras**, présentée par M. Albert Portevin.

Bien que la fonte grise, en raison de sa structure et de la faible capacité de déformation qui en résulte, soit un alliage pour lequel on peut s'attendre à trouver, pour un type d'essai, des caractéristiques mécaniques de valeurs peu groupées, les études de dispersion dans ce domaine sont rares. L'un de nous a obtenu, avec J. Prache ([2]), comme suite à des recherches systématiques sur la dispersion des caractéristiques mécaniques des fontes perlitiques, mesurées sur petites éprouvettes de cisaillement et de flexion statiques ([3]), les conclusions suivantes : *a.* pour une caractéristique donnée, les résultats d'un grand nombre d'essais ne sont pas groupés suivant une loi de Gauss; *b.* si l'on essaie de chiffrer la dispersion moyenne dans chaque cas, en déterminant la largeur minimum de la zone qui recouvre le centre de chaque groupement pour un type d'essai, en englobant au moins les trois quarts des résultats, on obtient, pour une fonte donnant des résistances au cisaillement et à la flexion statiques respectivement de 25 kg/mm² et 600^{kg} environ, des bandes d'incertitude importantes de 7 kg/mm² pour le cisaillement et 140^{kg} pour la flexion.

Dans ces conditions, il était particulièrement intéressant de rechercher la dispersion des essais de traction sur fontes et de mettre en évidence quelques-uns des facteurs influant sur elle. Comme suite à des essais préliminaires, deux types d'éprouvettes de traction de même diamètre dans la partie utile ont été adoptés, l'un à têtes cylindriques (*fig.* 1*a*), l'autre à têtes filetées (*fig.* 1*b*). Pour assurer des conditions semblables de solidification et de refroidissement de la fonte dans les sections de rupture, des moules comportant deux jets identiques, capables des deux types d'éprouvettes, ont été coulés verticalement (*fig.* 1).

Pour une même fonte perlitique et pour chaque type d'éprouvette, des groupes d'essais ont été exécutés avec des vitesses de mise en charge de 0,5,

(1) Séance du 5 mai 1947.

(2) *Communication aux Journées de la Fonderie* (19 et 20 octobre 1945).

(3) Éprouvette cylindrique pour le cisaillement ($\varnothing = 5^{mm},64$) et éprouvette parallélipipédique de Frémont pour la flexion statique ($8 \times 10 \times 35^{mm}$).

1 et 2 T/sec. La dispersion, caractérisée par les valeurs de l'écart maximum des résultats et de l'écart quadratique moyen apparent, augmente fortement lorsque la vitesse de traction croît dans le cas de l'éprouvette à têtes non

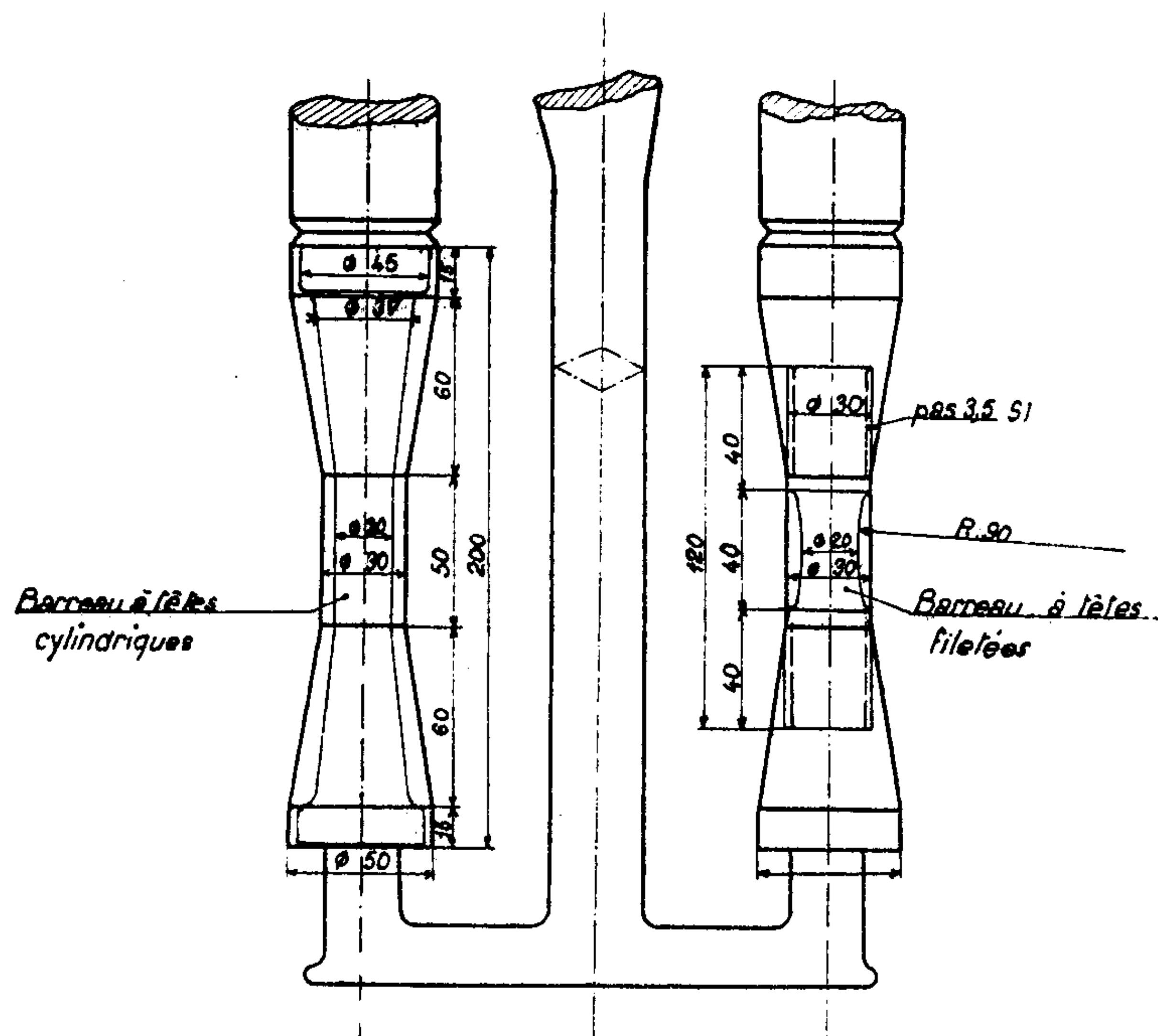


Fig. 1 *a*. Fig. 1 *b*.

filetées; pour celle à têtes filetées, au contraire, la dispersion, bien que peu variable pour des vitesses de mise en charge comprises entre 0,5 et 1,5 T/sec., passe par un minimum, puis augmente à partir de 1 T/sec. L'utilisation de l'éprouvette à têtes filetées, mise en charge à la vitesse de 1 T/sec., conduit à des résultats d'essai remarquablement groupés, correspondant à un écart quadratique moyen apparent de 0,5-0,6 kg/mm² pour une fonte donnant 32,8 kg/mm² de charge de rupture moyenne.

Une importante série d'essais exécutés dans ces conditions sur le même type de fonte montre que les valeurs des charges de rupture sont, dans ce cas, effectivement réparties suivant une loi de Gauss; la largeur de la bande d'incertitude englobant au moins 3/4 des résultats trouvés est de 1,5 kg/mm², ce qui met en évidence une nette supériorité des essais de traction, correctement exécutés, sur ceux de cisaillement et de flexion statiques effectués sur de petites éprouvettes.

En résumé, l'essai de traction sur fontes, *utilisé dans les conditions optima précisées ci-dessus*, apparaît mieux adapté que les essais de cisaillement et de flexion statiques sur petites éprouvettes tels qu'ils sont pratiqués à l'heure actuelle pour la caractérisation de la résistance mécanique des fontes, pour

une vitesse de solidification donnée; à cet égard, c'est donc l'essai à retenir pour la réception d'une qualité de fonte, pour l'étude précise de l'action d'éléments d'addition, d'opérations d'inoculation ou de traitements thermiques sur une fonte de base donnée. Les essais de cisaillement et de flexion statiques sur petites éprouvettes conservent leur intérêt, du fait des faibles volumes d'éprouvettes mis en jeu, lorsqu'il s'agit de caractériser les hétérogénéités mécaniques existant inévitablement dans tout moulage de fonte ou entre les différentes pièces constituant un même lot ou une même coulée; toutefois, la mise au point de machines permettant de réaliser des sollicitations pures de cisaillement et de flexion, avec une vitesse de mise en charge bien définie, est indispensable.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les systèmes d'équations d'onde mettant en jeu une représentation irréductible du groupe de Lorentz*. Note (1) de M. **Robert Potier**.

Les seuls systèmes d'équations d'onde tels que l'ensemble des fonctions d'onde constitue une représentation linéaire irréductible du groupe de Lorentz s'écrivent (2)

$$\text{(1)}\qquad A^{\left[\substack{p\\+}\ \substack{p+1\\-}\right]}\psi^{p\ p+1}=\chi\psi^{p+1\ p},$$

χ étant une constante complexe. Les équations (1) représentent, en notation condensée, le système

$$\begin{aligned}(2a)\quad &\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\left[r\psi_{r-1}^{p}{}^{p+1}_{s}-(p+1-r)\psi^{p}_{r}{}^{p+1}_{s+1}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[r\psi_{r-1}^{p}{}^{p+1}_{s}+(p+1-r)\psi^{p}_{r}{}^{p+1}_{s+1}\right]\\ &\qquad+\frac{\partial}{\partial x}\left[(p+1-r)\psi^{p}_{r}{}^{p+1}_{s}-r\psi_{r-1}^{p}{}^{p+1}_{s+1}\right]\\ &\qquad-i\frac{\partial}{\partial y}\left[(p+1-r)\psi^{p}_{r}{}^{p+1}_{s}+r\psi_{r-1}^{p}{}^{p+1}_{s+1}\right]=\chi\psi^{p+1}_{r}{}^{p}_{s},\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(2b)\quad &\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\left[s\psi^{p+1}_{r}{}^{p}_{s-1}-(p+1-s)\psi^{p+1}_{r+1}{}^{p}_{s}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[(p+1-s)\psi^{p+1}_{r+1}{}^{p}_{s}+s\psi^{p+1}_{r}{}^{p}_{s-1}\right]\\ &\qquad+\frac{\partial}{\partial x}\left[(p+1-s)\psi^{p+1}_{r}{}^{p}_{s}-s\psi^{p+1}_{r+1}{}^{p}_{s-1}\right]\\ &\qquad+i\frac{\partial}{\partial y}\left[(p+1-s)\psi^{p+1}_{r}{}^{p}_{s}+s\psi^{p+1}_{r+1}{}^{p}_{s-1}\right]=\chi^{p}_{r}{}^{p+1}_{s}.\end{aligned}$$

Appelons u_{rs} la quantité sous le signe $\partial/\partial t$ dans l'équation (2a), v_{rs} la quantité sous le même signe dans l'équation (2b)

$$u_{rs}=r\psi_{r-1}^{p}{}^{p+1}_{s}-(p+1-r)\psi^{p}_{r}{}^{p+1}_{s+1};\qquad v_{rs}=s\psi^{p+1}_{r}{}^{p}_{s-1}-(p+1-s)\psi^{p+1}_{r+1}{}^{p}_{s};$$

---

(1) Séance du 28 avril 1947.

(2) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 638-640.

on peut inverser les formules (3) selon

$$(4)\quad \left\{\begin{array}{l} \psi_{r\ s}^{p\ p+1} = \left\{\begin{array}{ll} \displaystyle\sum_{k=0}^{k=p-r} \frac{(p-r)!\,r!}{[p-(r+k)]!\,(r+k+1)!}\,u_{r+k+1,s+k} & (\text{pour } r \geqq s), \\ \displaystyle -\sum_{k=0}^{k=r} \frac{r!\,[p-(r-k)]!}{(r-k)!\,(p+1-r)!}\,u_{r-k,s-k-1} & (\text{pour } r < s), \end{array}\right. \\ \psi_{r\ s}^{p+1\ p} = \left\{\begin{array}{ll} \displaystyle\sum_{k=0}^{k=p-s} \frac{(p-s)!\,s!}{[p-(s+k)]!\,(s+k+1)!}\,v_{r+k,s+k+1} & (\text{pour } s \geqq r), \\ \displaystyle -\sum_{k=0}^{k=r} \frac{s!\,[p-(s-k)]!}{(s-k)!\,(p+1-s)!}\,v_{r-k-1,s-k} & (\text{pour } r > s). \end{array}\right. \end{array}\right.$$

Les équations (4) définissent un opérateur α, qui, appliqué aux deux membres des équations du système (2), conduit au système équivalent

$$(5)\qquad \frac{h}{2i\pi}\,\frac{\partial\psi^{(p,p+1)}}{\partial t} = \mathrm{H}\psi^{(p',p+1)}.$$

L'équivalence de (2) et de (5) entraîne que les ψ peuvent être arbitrairement choisies à l'instant initial.

Il n'y a pas d'équations de condition. Il semble bien que les systèmes (2) soient les seuls jouissant de cette propriété. Le nombre de fonctions inconnues est, ici, égal au nombre d'équations, soit $2p(p+1)$.

Vecteur courant et formalisme quantique. — Nous prendrons, pour vecteur courant, l'expression $\mathrm{V}(\psi^{(p,p+1)};\ \psi'^{(p,p+1)})$ déjà indiquée ([3]). La divergence d'espace-temps de V est nulle, si la constante χ est un nombre imaginaire pur, ce que nous supposons.

Soit V_t la composante de temps de V; le carré scalaire de $\psi^{(p\,p+1)}$ sera, par définition, $\iiint \mathrm{V}_t\,dx\,dy\,dz$; expression constante dans le temps. Le produit scalaire de deux fonctions $\psi^{(p\,p+1)}$ et $\varphi^{(p\,p+1)}$ s'obtiendra en remplaçant $\psi'^{(p\,p+1)}$ dans l'expression de V par $\varphi'^{(p\,p+1)}$, et en formant toujours $\iiint \mathrm{V}_t\,dx\,dy\,dz$ (les intégrales sont étendues à tout l'espace).

On démontre aisément que si $\psi^{(p\,p+1)}$ et $\varphi^{(p\,p+1)}$ sont des solutions du système (2), leur produit scalaire est constant dans le temps. Il s'ensuit, par un raisonnement simple, que H est un opérateur hermitien.

Opérateur de spin S_z. — Son expression est donnée par

$$(\mathrm{S}_z)_{(rs);(kl)} = \delta_{rk}\,\delta_{sl}\,[2(s-r)-1]\left(\frac{h}{4\pi}\right) \qquad \text{avec} \qquad 0 \leqq {}_k^r \leqq p, \qquad 0 \leqq {}_l^s \leqq p+1.$$

([3]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 855-857 et 1076-1079.

Ses valeurs propres sont : $(2\rho - 1)(h/4\pi)$ avec ρ entier, variant de $p+1$ à $-p$. Elles prennent donc toutes les valeurs $1/2$ entières (au facteur $h/2\pi$ près), de $[p+(1/2)]$ à $-[p+(1/2)]$.

A une valeur propre $(2\rho-1)(h/4\pi)$ correspondent des fonctions propres n'ayant que des composantes d'indices tels que $s-r=\rho$.

Ondes planes monochromatiques dans le système propre. — De telles ondes s'expriment par : $\psi_r^{p}{}_s^{p+1} = a_r^{p}{}_s^{p+1} e^{i\lambda t}$. Posons $(1/\omega) = [\lambda^2/4c^2\chi^2(p+1)^2]$.

Le système (2) entraîne :

$$(6) \qquad [\omega + r(p-s+1) - (p-r+1)(s+1)]\, a^{p+1}_{r}{}^{p}_{s} - (p-r+1)(p-s)\, a^{p+1}_{r+1}{}^{p}_{s+1} - rs\, a^{p\pm 1}_{r-1}{}^{s-1}_{p} = 0.$$

Le système (6) se laisse décomposer en sous-systèmes (6ρ), indépendants les uns des autres, chacun correspondant à une valeur de $\rho = s-r$, c'est-à-dire à une valeur déterminée de la composante S_z du spin. Un sous-système (6ρ) n'est compatible que sous une condition en ω [équation $P(\omega)=0$ avec $P(\omega)$ polynome entier en ω].

Les racines de $P(\omega)$ conduisent aux valeurs de λ cherchées, qui sont en relation avec les masses propres du corpuscule représenté par les équations (2). Le cas $p=0$ est celui de l'électron. Considérons le cas $p=1$ (corpuscule de spin 3/2). Nous trouvons pour ω les valeurs :

$$-4\ (\rho=-2); \quad \frac{5}{-2\mp i}\ (\rho=-1); \quad -2\mp\sqrt{2}\ (\rho=0) \quad \text{et} \quad -3\ (\rho=1).$$

Ce qui conduit, pour λ, à des valeurs qui sont égales, à un facteur réel près, aux nombres :

$$\mp\frac{\sqrt{2}}{2}; \qquad \mp\sqrt{\frac{2\pm i}{5}}; \qquad \frac{\pm 1}{\sqrt{2\pm\sqrt{2}}}; \qquad \mp\frac{\sqrt{3}}{3}.$$

ASTROPHYSIQUE. — *Variation de la loi d'assombrissement d'une radiation monochromatique à l'intérieur de l'atmosphère solaire. Cas où l'équilibre radiatif est réalisé.* Note [1] de M. **Paul Proisy**, présentée par M. Bernard Lyot.

1. Les conséquences qui découlent de l'équilibre radiatif considéré par Schuster [2], Schwarzschild [3], Eddington [4], Jeans [5], et de nombreux auteurs depuis, montrent que le transport d'énergie par rayonnement thermique est le mode de transport prépondérant, dès que l'on s'enfonce dans une atmosphère stellaire [*cf.* [5]].

---

(1) Séance du 5 mai 1947.

(2) *Astrophysical Journal*, **21**, 1905, p. 1.

(3) *Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen*, 1906, p. 41.

(4) *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **77**, 1916, p. 16.

(5) *Ibid.*, **78**, 1917, p. 28.

J'ai cherché une expression de la variation de la loi d'assombrissement d'une radiation observée à la surface du Soleil, lorsque l'on s'enfonce dans l'atmosphère solaire, en fonction de la distance r au centre du Soleil, et des coefficients d'émission et d'absorption ε et $\varkappa$, eux-mêmes fonctions de r et de θ angle formé par le rayon solaire qui passe par le point considéré et la direction d'observation. Ceci suppose connue la loi d'assombrissement sur le disque solaire. Parmi les formules proposées pour représenter cette loi, j'utiliserai le polynome de degré n en $\cos\theta$ considéré par Lundblad [6], qui permet d'obtenir la précision que l'on peut désirer en augmentant n.

La loi d'assombrissement à la surface d'une couche de rayon r est alors représentée par $I_{(r,\theta)} = \Sigma a_{n(r)} \cos^n\theta$, où $a_{n(r)}$ représente une fonction de r, que je me propose de déterminer. Le rayon solaire étant pris égal à l'unité, la loi d'assombrissement à la surface est $I_{(1,\theta)} = \Sigma a_{n(1)} \cos^n\theta$; l'observation fait connaître $a_{n(1)}$ pour chaque radiation.

2. *Expression générale de la variation de l'intensité d'une radiation à la surface de la couche de rayon r d'une atmosphère stellaire.*

Dans le cas où l'équilibre radiatif est réalisé, la variation de l'intensité d'une radiation au cours de la traversée d'une couche dr, dans une direction qui fait un angle θ avec la normale à cette couche, est $dI = (\varepsilon - \varkappa I)\, dr \sec\theta$.

Le long d'une droite parallèle à la direction d'observation, dont l'équation est $r\sin\theta = \text{const.}$, on a $dr/r = -d\theta/\text{tg}\,\theta$, et par suite

$$dI = \frac{\partial I}{\partial r} dr + \frac{\partial I}{\partial \theta} d\theta = (\varepsilon - \varkappa I)\, dr \sec\theta = -(\varepsilon - \varkappa I)\, r \frac{d\theta}{\sin\theta}.$$

Le long d'un rayon-vecteur, défini par $\theta = \text{const.}$, on montre que l'on a

$$dI = \frac{\partial I}{\partial r} dr = \left[\varepsilon_{(r,0)} - \varkappa_{(r,0)} I_{(r,0)} + \int_0^\theta \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\partial I}{\partial \theta}\right) d\theta\right] dr,$$

$\varepsilon_{(r,0)}$, $\varkappa_{(r,0)}$ et $I_{(r,0)}$ étant les valeurs de ε, $\varkappa$, I le long de l'axe ($\theta = 0$).

De ces deux expressions, on déduit l'équation générale cherchée, en considérant deux points voisins de la couche r, A et B, de coordonnées (r, θ) et $(r, \theta + d\theta)$, et le point $C(r + dr, \theta + d\theta)$, intersection de la parallèle à la direction d'observation menée par A, et du rayon vecteur OB. La variation de I le long de l'arc AB est la somme des variations le long de AC et de CB; la définition de C entraînant la relation $CB = -dr = r(d\theta/\text{tg}\,\theta)$, il vient

$$dI\widehat{AB} = \frac{\partial I}{\partial \theta} d\theta = -[\varepsilon_{r,\theta} - \varkappa_{r,\theta} I_{r,\theta}]\, r \frac{d\theta}{\sin\theta} + \left[\varepsilon_{r,0} - \varkappa_{r,0} I_{r,0} + \int_0^\theta \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\partial I}{\partial \theta}\right) d\theta\right] r \frac{d\theta}{\text{tg}\,\theta}.$$

3. *Variation de la loi d'assombrissement dans l'atmosphère solaire.* — La loi

[6] *Astrophysical Journal*, 58, 1923, p. 118.

d'assombrissement étant $I_{(r,\theta)} = \Sigma a_{n(r)} \cos^n\theta$, on a $I_{(r,0)} = \Sigma a_{n(r)}$,

$$\frac{\partial I}{\partial\theta} = -\sum n a_{n(r)} \sin\theta \cos^{n-1}\theta \quad \text{et} \quad \int_0^\theta \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\partial I}{\partial\theta}\right) d\theta = \left[\frac{\partial I}{\partial r}\right]_0^\theta = \sum \frac{da_n}{dr}(\cos^n\theta - 1).$$

Ces expressions portées dans l'équation générale précédente donnent un système d'équations différentielles, qui relient les coefficients $a_{n(r)}$ et leur dérivée première aux coefficients ε et $\varkappa$.

En première approximation, j'ai supposé ε et $\varkappa$ indépendants de θ; on obtient alors

$$a_{n(r)} = a_{n(1)} r^n, \qquad a_{n-1(r)} = r^{n-1}\left[a_{n-1(1)} - a_{n(1)} \int_1^r \varkappa r\, dr\right];$$

$$a_{n-2(r)} = r^{n-2}\left[a_{n-2(1)} + \frac{1}{2} n a_{n(1)}(1 - r^2) - a_{n-1(1)} \int_1^r \varkappa r\, dr + \frac{1}{2} a_{n(1)} \left(\int_1^r \varkappa r\, dr\right)^2\right];$$

$$\begin{aligned} a_{n-3(r)} = r^{n-3}\Bigg[& a_{n-3(1)} + \frac{1}{2}(n-1) a_{n-1(1)}(1 - r^2) \\ & - \left(a_{n-2(1)} + \frac{1}{2} n a_{n(1)}\right) \int_1^r \varkappa r\, dr + \frac{1}{2} a_{n-1(1)} \left(\int_1^r \varkappa r\, dr\right)^2 \\ & - \frac{a_{n(1)}}{2.3} \left(\int_1^r \varkappa r\, dr\right)^3 + \frac{1}{2}(n-1) a_{n(1)} r^2 \int_1^r \varkappa r\, dr + \frac{1}{2} a_{n(1)} \int_1^r \varkappa r^3\, dr \Bigg]; \end{aligned}$$

. . . .

jusque $a_{1(r)}$; puis $a_{0(r)} = \varepsilon/\varkappa - a_{1(r)}/\varkappa r$.

La loi d'assombrissement limitée au 2[e] degré s'écrit

$$I_{(r,\theta)} = \frac{\varepsilon}{\varkappa} - \left(a_{1(1)} r - a_{2(1)} r \int_1^r \varkappa r\, dr\right)\left(\frac{1}{\varkappa r} - \cos\theta\right) + a_{2(1)} r^2 \cos^2\theta.$$

Si ε et $\varkappa$ dépendent de θ, nous poserons

$$\varepsilon = \Sigma \varepsilon_i \cos^i\theta, \qquad \varkappa = \Sigma \varkappa_i \cos^i\theta.$$

Le système d'équations différentielles montre que, si ε et $\varkappa$ sont des fonctions indépendantes, $I_{(r,\theta)}$ ne peut être limité à un degré n fini que si ε est au plus du 3[e] degré et $\varkappa$ du 1[er] degré en $\cos\theta$.

Lorsque ε et $\varkappa$ sont du 1[er] degré, on obtient des expressions semblables aux précédentes, multipliées par $e^{-\int_1^r \varkappa_1 dr}$, ε et $\varkappa$ étant remplacés par ε_0 et $\varkappa_0$. La loi d'assombrissement devient alors

$$I_{(r,\theta)} = \frac{\varepsilon_0}{\varkappa_0} - r e^{-\int_1^r \varkappa_1 dr}\left(a_{1(1)} - a_{2(1)} \int_1^r \varkappa_0 r\, dr\right)\left(\frac{1}{\varkappa_0 r} - \cos\theta\right) + a_{2(1)} r^2 e^{-\int_1^r \varkappa_1 dr} \cos^2\theta.$$

L'intégration se fait aussi facilement lorsque l'on suppose ε du 2[e] ou du 3[e] degré en $\cos\theta$.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur les causes de la pénéplanation du Pays de Léon* (Finistère). Note (1) de M. **Jacques Bourcart**.

Le modelé du Massif Armoricain a été défini par Ch. Barrois (2) et par E. de Martonne (3), comme une pénéplaine, accidentée d'un *relief appalachien* dans les régions sédimentaires et de très nombreux monadnocks, le plus souvent empilement de boules, dans les régions de roches cristallines. Je négligerai ici les *surfaces d'érosion*, décrites par les successeurs de E. de Martonne, qui ne sont que des aplanissements locaux, sorte de pénéplaines, d'extension limitée, subséquentes à la pénéplaine générale et dont la création pose le même problème : celui de l'origine de la pénéplanation que j'ai déjà évoqué à propos des pénéplaines du Maroc et du Sahara (4).

L'aplanissement de toutes ces surfaces se compose toujours d'une usure du relief, d'autant plus poussée qu'il est formé de roches plus poreuses et plus altérables (schistes et granites) et du remplissage des creux par des produits meubles d'âge varié : arènes ou limons.

J'ai montré (4) que le terme de l'érosion fluviale et du ruissellement n'est jamais une pénéplaine, mais une *surface d'équilibre*, combinaison des surfaces de versants et de talwegs, qui garde toujours un assez fort relief et dont la pente minima est celle permettant l'évacuation des produits meubles sans enfouissement.

Le fait que la mer cénomanienne, et dans le sud de la Bretagne, les mers lutétienne et pliocène ont respecté le relief rocheux, sans l'aplanir (5), écarte toute intervention de l'*abrasion marine* dans cet aplanissement.

Actuellement, la vive érosion fluviale qui a succédé au dernier aplanissement : celui de limons des plateaux, avec pénétration de la mer dans les bas cours des rivières et dans les formes en creux du littoral, nous permet d'étudier, dans d'excellentes coupes, la constitution de la surface.

Les roches schisteuses sont si imprégnées, amollies et plastiques, qu'il est pratiquement impossible de définir une limite précise entre schistes intacts, schistes altérés et limons; les roches cristallines, altérées en boules, sont profondément arénisées : l'arène passant progressivement au limon. La désagrégation en boules, quoi qu'on dise, ne s'est pas produite sur des surfaces nues, du fait de la désagrégation subaérienne. Comme l'indique la disposition sphéroïdale des biotites, elle préexiste à la mise à nu et semble due à des tourbillons

(1) Séance du 5 mai 1947.

(2) *Annales de Géographie*, 6, 1897, pp. 23-44, 103-122.

(3) *Ibid.*, 15, 1906, pp. 213-236, 299-328.

(4) Les pénéplaines du Maroc et du Sahara (*Mélanges offerts à E.-F. Gautier*, 1936, pp. 1-20).

(5) Jacques Bourcart, *Comptes rendus*, 221, 1945, pp. 448-449.

convectifs. Quant à l'arénisation dans l'intervalle des boules, elle a débuté par autométamorphisme, puis s'est accentuée du haut vers le bas sous l'effet des solutions du sol. L'arène non seulement garde, comme dans le Limousin, la structure en boules préexistante, mais même les filons d'aplite ou de quartz, simplement fissurés, sont restés en place.

Cette couche d'arène peut être très épaisse dans les parties déprimées du paysage, notamment dans les marais du Mont Saint-Michel d'Arrée. Seule la vive érosion fluviale des branches initiales de l'Aulne a dégagé, comme E. de Martonne l'a déjà montré, l'accumulation de boules de granite de tout son manteau d'altération.

La limite inférieure de l'arénisation est une surface phréatique, nécessitant une pénétration générale des solutions du sol qui implique partout de faibles pentes, donc une absence de ruissellement et d'érosion fluviale, condition qui n'est plus celle de la Bretagne actuelle.

Elle ne peut donc s'être produite qu'à un moment où celle-ci n'était pas déformée en large voûte comme elle l'est actuellement. Il semble bien que ces conditions de « corrosion phréatique », où s'accentuait l'usure générale du pays, sa descente progressive par perte de substance et tassement, se soient reproduites à plusieurs moments de l'histoire de la Bretagne qui correspondent à des périodes de « calme orogénique » interrompues par des périodes de « tuméfaction » avec actif balayage soit fluvial, soit marin.

Des idées analogues ont déjà été émises à propos de l'altération latéritique des roches de la Guinée ([6]) ou de la Nouvelle Calédonie ([7]) par E. de Chételat. L'altération des roches, leur corrosion en large surface y correspondent également à des périodes de calme orogénique. Elles s'interrompent aussi aux époques de rajeunissement, c'est-à-dire de tuméfaction.

Je pense donc que cette attaque chimique est le seul phénomène auquel on peut attribuer la création de très larges surfaces qui toujours ont été recouvertes de produits meubles incrustés ou non. La notion de *corrosion phréatique* s'oppose donc à celle d'*érosion* trop généralisée.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le processus des interactions mésiques.* Note de M. Gérard Petiau.

La théorie actuellement admise dans l'étude des phénomènes nucléaires est essentiellement basée sur la liaison des particules élémentaires par des forces à court rayon d'action, que l'on interprète comme résultant d'échanges de particules lourdes ou mésons observés dans le rayonnement cosmique et auxquelles on attribue soit le spin O (méson pseudoscalaire), soit le spin $h/2\pi$

([6]) *Rev. de Géogr. Phys. et de Géol. Dyn.*, **11**, 1, pp. 1-20.
([7]) *Bull. Soc. Géol. de Fr.*, 5e série, **18**, 1947 (sous presse).

(méson vectoriel). On admet également que l'unique élément constitutif des noyaux est le nucléon, particule susceptible de se manifester soit suivant l'état de proton, soit suivant l'état de neutron. Dans l'état où ils sont étudiés expérimentalement, proton physique $[p^+]$ ou neutron physique $[n^0]$, ces corpuscules seraient toujours partiellement dissociés d'une façon virtuelle (c'est-à-dire d'une façon non permanente et sans conservation de l'énergie) en particules nues et en mésons suivant les schémas

$$(1)\qquad \underset{\text{neutron physique}}{[n^0]} = \underset{\text{proton nu}}{p^+} + \underset{\text{méson chargé négativement}}{m^-}; \qquad \underset{\text{proton physique}}{[p^+]} = \underset{\text{neutron nu}}{n^0} + \underset{\text{méson chargé positivement}}{m^+}.$$

Cette introduction de champs de mésons chargés positivement ou négativement permet de justifier, tout au moins qualitativement, les principaux faits expérimentaux de la physique nucléaire ([1]), présence de mésons chargés dans le rayonnement cosmique, moments magnétiques du proton et du neutron, etc. Les difficultés se présentent lorsque l'on veut préciser la charge et le spin du méson qui intervient dans les forces nucléaires et lorsque l'on veut justifier quantitativement des résultats expérimentaux tels que ceux relatifs à la diffusion proton-neutron et proton-proton. En particulier, ces résultats exigent l'indépendance des forees nucléaires par rapport à la charge, ce qui peut s'interpréter, soit par l'intervention unique de mésons neutres (Bethe), soit par l'introduction symétrique des mésons neutres et chargés (théorie symétrique de Kemmer).

La théorie *neutre* ne rend pas compte du méson observé dans le rayonnement cosmique qui est chargé ni du moment magnétique du proton ou du neutron.

D'autre part, l'expérience montre que le méson cosmique expérimental est instable et se désintègre en donnant un électron et un neutrino suivant le schéma $m^\pm \rightarrow e^\pm + \nu^0$ ($e^\pm$ électrons > 0 ou < 0, ν^0 neutrinos non chargé), et ce processus sert de base à la théorie des spectres continus β.

L'étude comparée des théories de la vie moyenne du méson vectoriel et du méson pseudoscalaire avec les résultats expérimentaux semble montrer que l'on doit admettre que le méson chargé observé est un méson pseudoscalaire, le méson vectoriel ayant une vie moyenne beaucoup plus courte.

Par ailleurs la considération d'un seul type de méson, pseudoscalaire ou vectoriel, conduit à des difficultés dans la théorie du deutéron, et différents auteurs ont présenté des théories en accord plus ou moins direct avec les résultats expérimentaux, en considérant les forces nucléaires comme résultant de l'échange non pas d'un type unique, mais d'un mélange de mésons pseudoscalaires et vectoriels (Møller et Rosenfeld, Schwinger).

En outre aucune des théories mésiques proposées ne rend compte des

---

([1]) L. DE BROGLIE, *De la mécanique ondulatoire à la théorie du noyaux*, 1, 2 et 3; G. WENTZEL, *Review of Modern Physics*, 19, 1947, pp. 1-18.

corpuscules trouvés par M. J. Thibaud ([2]) dans les phénomènes de radioactivité β, dans lesquels il a mis en évidence l'émission d'un rayonnement de particules chargées positivement et négativement de caractères différents de ceux des électrons β et auxquelles il a donné le nom d'électrinos.

Il est à remarquer que le schéma (1), comme celui que l'on admet généralement pour expliquer les interactions proton-neutron

$$^{(1)}p^{+} + {}^{(1)}n^{0} \rightarrow \left[{}^{(2)}n^{0} + \overline{\underline{m^{+}}\right] + {}^{(1)}n^{0}}\right] \rightarrow {}^{(2)}n^{0} + {}^{(2)}p^{+},$$

$$^{(1)}p^{+} + {}^{(1)}n^{0} \rightarrow \left[{}^{(1)}p^{+} + \left[m^{-}\right] + {}^{(2)}p^{+}\right] \rightarrow {}^{(2)}n^{0} + {}^{(2)}p^{+},$$

n'introduit pas explicitement les spins des particules ou celui du méson.

Il est intéressant d'examiner les conséquences de la considération d'un schéma plus précis associant les échanges de charges au méson pseudoscalaire chargé et les échanges de spin au méson vectoriel neutre.

On voit alors facilement que l'on est conduit pour la dissociation du nucléon aux schémas suivants [les indices supérieurs des particules sont relatifs aux états de charge, les indices inférieurs aux états de spin $\pm(h/4\pi)$] :

$$\begin{array}{llllll} [n^0_+] & \rightarrow & n^0_- + & m^0_\nu & & \\ & & \searrow & p^+_- & + \; m^-_{ps} & \\ & & & \searrow & p^+_+ & \\ & (a) & & & \searrow & [n^0_+] \end{array} \qquad \begin{array}{llllll} [n^0_+] & \rightarrow & p^+_+ + & m^-_{ps} & & \\ & & \searrow & p^+_- & + \; m^0_\nu & \\ & & & \searrow & n^0_- & \\ & (a') & & & \searrow & [n^0_+] \end{array}$$

$$\begin{array}{llllll} [p^+_+] & \rightarrow & p^+_- + & m^0_\nu & & \\ & & \searrow & n^0_- & + \; m^+_{ps} & \\ & & & \searrow & n^0_+ & \\ & (b) & & & \searrow & [p^+_+] \end{array} \qquad \begin{array}{llllll} [p^+_+] & \rightarrow & n^0_+ + & m^+_{ps} & & \\ & & \searrow & n^0_- & + \; m^0_\nu & \\ & & & \searrow & p^+_- & \\ & (b') & & & \searrow & [p^+_+] \end{array}$$

Ces schémas s'interprètent en disant, par exemple, pour le schéma (a) : Le neutron physique n^0_+ est partiellement virtuellement dissocié en un méson vectoriel neutre m^0_ν et en un neutron de spin $-(h/4\pi)$; celui-ci est à son tour partiellement dissocié en un méson pseudoscalaire chargé et en un proton de spin $-(h/4\pi)$ qui se recombine avec le méson vectoriel neutre pour donner un proton de spin $+(h/4\pi)$ qui se recombine à son tour avec le méson pseudoscalaire pour redonner le neutron de spin $+(h/4\pi)$ primitif.

On a ainsi une théorie présentant partiellement le caractère mixte.

L'intervention des deux types de mésons permet de considérer deux types de transformations dans les réorganisations nucléaires conduisant aux spectres continus β.

Ce sont, d'une part, les transformations correspondant aux radioactivités $\beta^{\pm}$ ordinaires $m^-_{ps} \rightarrow e^-_{\frac{1}{2}} + \nu^0_{-\frac{1}{2}}$, $m^+_{ps} \rightarrow e^+_{\frac{1}{2}} + \nu^0_{-\frac{1}{2}}$ $\left(e^{\pm}_{\pm\frac{1}{2}}\text{ électrons, } \nu^0_{\pm\frac{1}{2}}\text{ neutrinos}\right)$, et,

([2]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 984; **224**, 1947, p. 739; **224**, 1947, p. 914.

d'autre part, les transformations $m_\nu^0 \to \nu^+_{+\frac{1}{2}} + \nu^-_{+\frac{1}{2}}$ $\left(\nu^\pm_{+\frac{1}{2}}\text{ électrinos chargés } \pm\right)$, correspondant aux émissions observées par M. J. Thibaud.

Ce second type de transformations est en parallélisme avec les phénomènes de matérialisation observés avec les photons (φ^0_{+1}) de spin $h/2\pi$ pour lesquels on écrit $\varphi^0_{+1} = e^-_{\frac{1}{2}} + e^1_{\frac{1}{2}}$, les deux particules émises ayant le même spin, tandis que dans le processus conduisant à la radioactivité $\beta^\pm$ les deux particules émises ont des spins de signes opposés.

Alors que l'émission $\beta^\pm$ se trouverait associée à la réorganisation de la charge nucléaire, l'émission électrinienne de M. J. Thibaud se rattacherait à la réorganisation du spin nucléaire.

ACOUSTIQUE. — *La salle muette du Centre national d'Études des Télécommunications*. Note (¹) de M. **Pierre Chavasse**, présentée par M. Camille Gutton.

Pour étudier les propriétés des appareils électro-acoustiques, ou celles de l'audition dans des conditions correspondant autant que possible à celles de la libre propagation, il est nécessaire de créer des chambres dites *sourdes* et *muettes*, qui sont soigneusement protégées contre les bruits et vibrations extérieurs et dans lesquelles toute réflexion intérieure est pratiquement supprimée.

Parmi les dispositions susceptibles de conduire à ce résultat et d'ailleurs bien connues, l'une consiste à construire des dièdres absorbants de profondeur assez grande devant la longueur d'onde des sons utilisés dans la chambre. On peut calculer la forme de ces dièdres de manière qu'entre deux positions prédéterminées, l'une correspondant à une source émettrice, l'autre à un appareil capteur de son, tout se passe comme si les ondes étaient assimilables à des ondes libres, tendant assez rapidement vers une forme plane; l'onde directe devenant prépondérante par rapport aux ondes réfléchies qui ne causent plus de modification appréciable du champ.

Suivant ces conceptions, nous avons, avec M. Gruzelle, réalisé au Centre national d'Études des Télécommunications, une chambre qui, entre les deux positions de mesure, permet d'obtenir des ondes uniformes à ± 1 db dans un volume de $1^{m^3},5$ (zone en pointillé de la figure 1 qui donne les courbes isobares du son rayonné) pour toutes les fréquences comprises entre 200 et 10^4 p : s. Cette disposition est favorable pour les études audiométriques ainsi que pour la mesure des hauts-parleurs et des microphones. Les dièdres verticaux ont une profondeur qui peut atteindre 2^m, les dièdres du plafond et du sol n'ont, en raison de la topographie du local disponible, qu'une profondeur de 30^{cm}. Dans

(¹) Séance du 5 mai 1947.

la salle primitive a été logée une deuxième salle dont les parois ont la structure suivante :

a. Enduit plâtré, 1^{cm};
b. Carreau plâtré, 6^{cm};
c. Couche d'air, 5^{cm};
d. Enduit plâtré, 2^{cm};
e. Panneau absorbant, 1^{cm}, 1;
f. Mur briques pleines, 11^{cm};
g. Enduit plâtré, 1^{cm}.

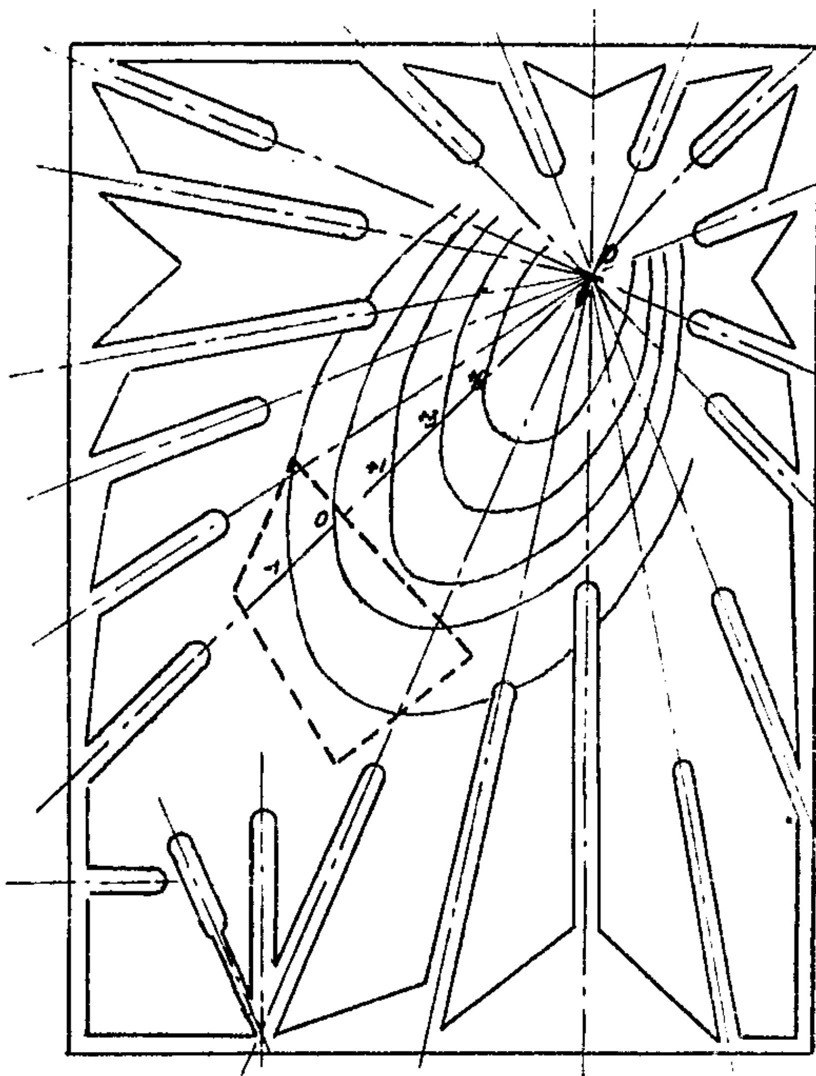


Fig. 1. — Plan de la chambre muette.
Lignes isobares (db). Zone de champ uniforme.

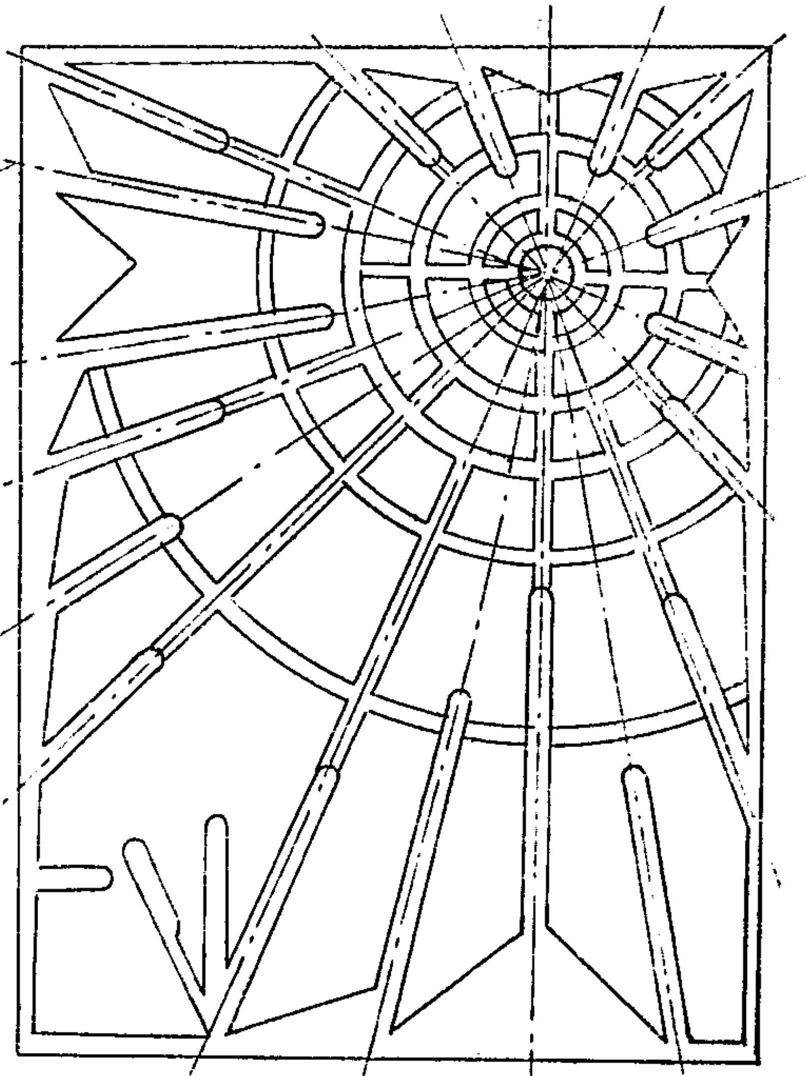


Fig. 2. — Plan du sol et du plafond.

Le revêtement intérieur est constitué par des panneaux d'ouate de verre de 2^{cm}, collés directement, et d'un matelas de laine de verre de 5^{cm} pris entre deux voiles de tissu de verre. La figure 1 est un plan de la salle muette avec la distribution des courbes isobares du haut-parleur source de son ($f = 10^3$ p:s).

Les figures 2 et 3 donnent le plan de la surface nervurée absorbante du

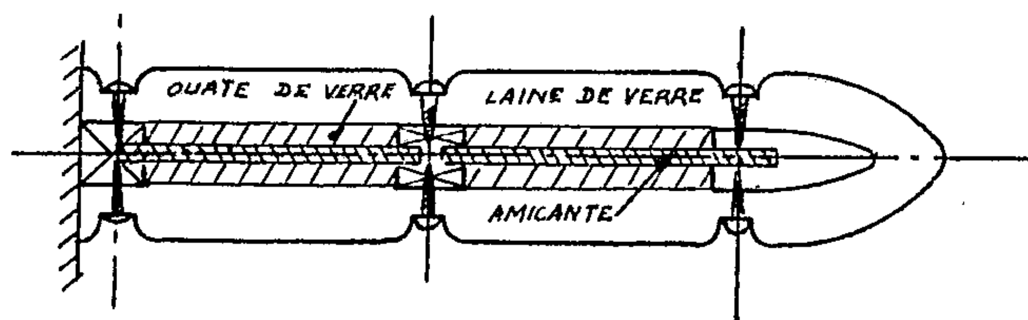


Fig. 3. — Coupe d'un panneau absorbant.

plafond qui est, d'ailleurs, la réplique de celle du sol et la coupe d'un élément de panneau entrant dans la constitution des dièdres.

Malgré des conditions initiales très défavorables (légèreté des constructions

originales), l'isolation phonique entre l'extérieur et le centre de la salle dépasse 60 db, ce qui est suffisant eu égard à l'intensité normale des bruits extérieurs.

Les portes doubles à chicane, spécialement isolées, donnent accès à la chambre; l'aération est assurée par une installation avec filtre acoustique, qui aspire l'air frais à l'extérieur et le refoule à l'intérieur.

CHALEUR. — *La stylisation des propriétés des milieux, dans l'étude des mouvements de la chaleur.* Note [1] de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. Nous avons rappelé [2] que, dans le cas des systèmes *complexes*, la méthode de Fourier pour le calcul des *coefficients* A_i dans le développement de la solution d'un problème de refroidissement selon la série de *solutions simples* $\Sigma A_i \varphi_i(x, y, z) e^{-m_i t}$ exigeait ordinairement que les milieux ne fussent pas *stylisés*, mais présentassent une épaisseur, une conductivité, une densité et une chaleur spécifique *finies* et *différentes de zéro*. Mais la recherche des *solutions simples* n'impose rien de tel, et l'on peut calculer sans difficulté des expressions $\varphi_i(x, y, z) e^{-m_i t}$ correspondant à des conditions aux limites *ne rentrant pas* dans les normes de Fourier et résultant de la stylisation de certaines propriétés.

On constate alors que, si l'on veut passer du problème réel non stylisé au problème stylisé, il apparaît des *difficultés de calcul*, et le but de la présente Note (problème à une dimension) est de montrer comment elles doivent être levées.

2.1. Soit un premier milieu N_1, d'épaisseur l, de conductivité λ, de chaleur spécifique voluminique $c\rho$, isolé sur une de ses faces, en contact par l'autre avec un milieu n d'épaisseur l', de conductivité *petite* λ', et de chaleur spécifique par unité de volume $c'\rho'$, lequel est en contact avec un deuxième milieu N_2 défini par les mêmes dimension et propriétés l, λ, $c\rho$, et qui est, par sa face extérieure, en contact avec le milieu extérieur.

Appelons R la résistance thermique $l':\lambda'$ du milieu n, μ le rapport de la résistance R à la résistance $l:\lambda$, et γ le rapport, *petit*, de la capacité calorifique de n à celle des milieux N.

La solution simple, dans le milieu N_1, étant de la forme $e^{-mt}\cos\alpha x$, les paramètres m et α sont liés, par les relations $\alpha l = u$, et $m\lambda u^2 = c\rho l^2$, à la quantité u définie par l'équation

$$\operatorname{tg} 2u . \operatorname{tg} u\sqrt{\mu\gamma} = \frac{2\sqrt{\mu\gamma}}{\mu + \gamma}. \tag{1}$$

---

(1) Séance du 21 avril 1947.

(2) Cf. Cours professé sur la Thermocinétique, dans l'automne 1946, à l'Institut de Mécanique de la Faculté des Sciences de Paris.

Or, si, négligeant son épaisseur, on stylise le *milieu n* en une *résistance thermique* de valeur R, on trouve *directement* l'équation

$$u \operatorname{tg} 2u = \frac{2}{\mu}. \tag{2}$$

On devrait pouvoir *passer* de (1) à (2) en rendant γ infiniment petit. Mais on n'obtiendrait ainsi l'équation (2) que si les racines u étaient *bornées*, ce qui n'est pas.

On lève la difficulté en remarquant que la solution étant développée en une série *convergente* procédant suivant les racines u successives, les racines de rang *élevé* jouent un rôle progressivement *effacé*, ce qui permet d'établir en toute rigueur que les termes contestables ne donnent dans le développement qu'une participation négligeable.

2.2. Supposons le milieu N_2 en contact, par sa première face, avec un mitieu $(l', \lambda', c'\rho')$ de *grande conductivité* que l'on voudrait styliser en une capacité calorifique *isotherme* de valeur C par unité de surface, en écrivant la condition aux limites $\lambda\, \partial T/\partial x = C\partial T/\partial t$, qui *ne rentre pas* dans les normes de Fourier.

La distribution des températures dans N_2 relevant de la fonction $\varphi(x) = A\cos \alpha x + B \sin \alpha x$, la température dans la capacité relèverait d'une fonction de coordonnées $A' \cos \alpha' x$, et α' serait lié à α par la relation $\lambda' \alpha'^2 = \gamma \lambda \alpha^2$. On ferait la stylisation en *augmentant indéfiniment* λ'. On verrait comme ci-dessus que la limite de α' serait nulle même pour α infiniment grand, de sorte que la fonction de coordonnées se réduit à la *constante* A'. On peut donc déduire, par passage à la limite, de la solution du problème *réel*, la solution du problème *stylisé*.

3. Reprenons le premier problème examiné.

Posons $u\sqrt{\mu\gamma} = 2u/N = v/N$, et supposons, pour simplifier, que γ tende vers zéro de façon telle que N augmente indéfiniment par valeurs *entières*. L'équation (1) s'écrit

$$\operatorname{tg} v \operatorname{tg} \frac{v}{N} = \frac{4\mu N}{\mu^2 N^2 + 4}. \tag{1 bis}$$

Si l'on exprime, par la formule classique, $\operatorname{tg} v$ en fonction de $z = \operatorname{tg}(v/N)$, on obtient une équation donnant, pour z, N valeurs, nécessairement *réelles* d'après les propriétés de l'équation de la chaleur, et à chacune desquelles correspondent une *infinité* de valeurs de v, *équidistantes*, d'après les propriétés de la fonction tg.

L'équation (1) apparaît donc comme ayant *toujours* des racines *équidistantes*. Comment se pourra-t-il donc que l'équation (2), qui en est la *limite*, n'ait visiblement pas de telles racines? Sans faire l'étude fort pénible du système de racines de (1 *bis*), on peut se contenter d'observer que les racines ne sont équidistantes qu'*à l'intérieur* de familles dont le nombre augmente indéfiniment

en même temps que leur équidistance, et qui finissent par se *mêler*. De sorte que le classement des racines par grandeur croissante *ne fait plus* intervenir les familles et leurs termes équidistants. Que si, parmi les racines de l'équation (2) de rang infiniment croissant, il en est qui n'apparaissent pas comme limites de racines de l'équation (1), nous avons déjà dit que cela n'avait aucune importance, ces racines ne jouant qu'un rôle *effacé* dans la solution du problème de chaleur.

THERMODYNAMIQUE. — *Détermination de la liaison entre la pression et la température d'ébullition correspondante.* Note ([1]) de M. **Dragolioub Milosavliévitch.**

Nous nous proposons d'exposer une nouvelle méthode générale qui permet de trouver la relation entre la pression p et la température d'ébullition correspondante T. Pour atteindre ce but j'utilise l'équation de Clapeyron-Clausius

$$L = T(v'' - v')\frac{dp}{dT} \qquad (1)$$

qui est transformée en

$$d\left(ln\frac{p}{T}\right) = y\frac{1}{T}dT, \qquad (2)$$

en posant

$$y = \frac{L - p(v'' - v')}{p(v'' - v')}. \qquad (3)$$

Pour intégrer l'équation (2) nous avons d'abord essayé sans succès d'exprimer y en fonction de T. Enfin, nous avons réussi à trouver la relation linéaire entre y et la quantité z

$$z = ln x - x \quad \text{et} \quad x = \frac{p}{p_k}\frac{T_{k'}}{T}, \qquad (4)$$

où p_k désigne la pression critique et $T_{k'}$ la température absolue du point triple. Cette relation entre y et z est donnée par l'équation

$$y = b - mz, \qquad (5)$$

où b et m représentent les nombres positifs et constants pour une matière; par exemple, pour H_2O $m = 1,39$ et $b = 4,3$; pour CO_2 $m = 1,69$ et $b = 4,1$.

En tenant compte de (4) et (5), l'équation (2) prend la forme

$$\frac{d(ln x)}{b - m(ln x - x)} = \frac{dT}{d} \qquad (6)$$

qui est une équation différentielle du premier ordre avec des variables séparées.

([1]) Séance du 17 mars 1947.

On peut souvent négliger le membre x; par exemple on a pour l'eau :

t(°C).	y.	x.	$\ln x$.	z.
0	18,76	0,000	−10,50	−10,50
20	17,08	0,000	− 9,22	− 9,22
40	15,67	0,000	− 8,14	− 8,14
60	14,38	0,001	− 7,21	− 7,21
80	13,28	0,002	− 6,40	− 6,40
100	12,36	0,003	− 5,69	− 5,69
140	10,68	0,011	− 4,55	− 4,56
180	9,42	0,027	− 3,60	− 3,63
200	8,88	0,041	− 3,20	− 3,24
240	8,02	0,081	− 2,52	− 2,60

Si la quantité x est négligeable devant $\ln x$, l'intégration de (6) donne l'équation

$$\ln\left(\frac{p}{p_k}\frac{T_k}{T}\right)=\frac{b}{m}\left[1-\left(\frac{T_k}{T}\right)^m\right]+\left(\frac{T_k}{T}\right)^m \ln\left(\frac{p_k'}{p_k}\right), \quad \ldots, \tag{7}$$

qui représente la relation cherchée entre la pression p et la température absolue d'ébullition correspondante T.

La méthode exposée peut être utilisée aussi pour trouver la relation entre la pression p et la température de sublimation correspondante T.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les transformations du nitrate d'ammonium aux basses températures.* Note de M. **Jean Jaffray**, présentée par M. Aimé Cotton.

Si le nitrate d'ammonium présente quatre transformations polymorphiques avec chaleur latente entre la température de fusion (163°C.) et −18°, le domaine des basses températures semble, à ce point de vue, beaucoup moins riche.

I. Greenshaw et Ritter (¹) ont mesuré la chaleur spécifique de ce sel depuis −90° jusqu'à la température ordinaire. Ils ont annoncé l'existence d'une forte anomalie avec maximum aigu vers −61°, suivi d'une chute brusque (transformation d'ordre supérieur). Klug et Johnson (²), opérant par analyse thermique différentielle, n'ont pas réussi à mettre en évidence cette anomalie.

J'ai repris ces dernières expériences en opérant par la méthode dite du bloc de cuivre à un trou, dans laquelle on suit la variation de la différence de température, $\Delta\theta$, entre le bloc métallique et le sel, et par la méthode du bloc à deux trous, dans laquelle on mesure la différence de température entre le nitrate et un sel témoin (ClNa), placés respectivement dans deux cavités

(¹) *Z. Phys. Chem.*, B., 16, 1932, p. 143.
(²) *Jour. Amer. Chem. Soc.*, 59, 1937, p. 2061.

percées symétriquement dans le bloc, quand on refroidit ou réchauffe régulièrement l'ensemble. En opérant par échauffement, j'ai observé l'anomalie à des températures variant entre — 57° et — 65°, suivant les conditions de l'expérience. Pour que l'observation soit nette, il faut partir d'une température suffisamment basse (— 100° par exemple) et chauffer avec une vitesse convenable.

II. L'analyse thermique différentielle m'a permis de mettre en évidence, à une température plus basse, une autre transformation qui ne semble pas avoir été signalée jusqu'à présent.

La courbe $\Delta\theta[\theta]$ (θ température du sel) montre un accident qui correspond à une augmentation anormale de $\Delta\theta$, lorsqu'on opère par échauffement. Suivant les circonstances, cet accident présente un maximum net de $\Delta\theta$ ou de simples changements de pente. Les caractères de cette courbe me conduisent à penser qu'il s'agit d'une transformation polymorphique du premier ordre, avec chaleur latente.

En effet, l'accident débute brusquement, différant en cela très nettement de ceux qui annoncent une anomalie de chaleur spécifique. De plus, la température du début de l'accident varie dans un domaine assez grand suivant les circonstances des mesures. Dans la majorité des cas, cette température est comprise entre — 150 et — 160°; quelques expériences ont toutefois donné des températures comprises entre — 140 et — 150°. Bien que les incertitudes inhérentes à la méthode d'analyse thermique, dont l'origine est bien connue (hétérogénéité de température dans la masse de sel, place des soudures thermoélectriques, vitesse de chauffage, etc.), interviennent pour rendre compte de la dispersion des résultats, on peut penser qu'à ces basses températures, la transformation polymorphique est lente et s'accompagne de retards. Les résultats seraient donc approchés par excès et la température de transformation serait en définitive voisine de — 160° (et sans doute supérieure).

Enfin, j'ai réalisé l'analyse thermique ordinaire du nitrate d'ammonium à basse température en mesurant le temps t qu'il faut à une masse donnée de sel pour élever sa température d'une valeur constante (2° en général) par un chauffage régulier. Cette méthode a mis très nettement en évidence une transformation vers — 160°, et la courbe obtenue a même allure que pour la transformation polymorphique bien connue de — 18°.

C'est à cette nouvelle transformation polymorphique qu'il faut peut-être attribuer la modification notable du spectre Raman du nitrate d'ammonium signalée par Volkringer, Mme et M. Freymann ([3]) entre — 192 et — 75°.

([3]) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1005.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la matrice caractéristique des quadripôles ayant des impédances caractéristiques proportionnelles à celles d'un quadripôle donné.* Note de M. **Maurice Parodi**.

Soit un quadripôle dont, en notations complexes, la matrice caractéristique s'écrit

$$A = \begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{pmatrix}, \qquad \alpha\delta - \beta\gamma = 1.$$

On sait que si V_1, I_1 et V_2, I_2 représentent respectivement les tensions et les courants à l'entrée et la sortie, en posant

$$Y = \begin{pmatrix} V_1 \\ I_1 \end{pmatrix}, \qquad X = \begin{pmatrix} V_2 \\ I_2 \end{pmatrix},$$

on a

(1) $$Y = AX.$$

Supposons que l'on effectue sur les X et les Y une même transformation linéaire de matrice S régulière

$$Y = SY_1, \qquad X = SX_1,$$

où

$$S = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}, \qquad Y_1 = \begin{pmatrix} V'_1 \\ I'_1 \end{pmatrix}, \qquad X_1 = \begin{pmatrix} V'_2 \\ I'_2 \end{pmatrix}.$$

Entre Y_1 et X_1 existe la relation

(2) $$Y_1 = S^{-1}ASX_1,$$

et l'on voit que

$$|S^{-1}AS| = |A| = 1.$$

L'équation (2) est donc telle que $\mathcal{A} = S^{-1}AS$ peut représenter la matrice caractéristique d'un quadripôle.

Avec les notations indiquées, les éléments de $\mathcal{A}$ s'écrivent

$$\alpha' = \frac{1}{ad-bc}[ad\alpha - ab\gamma + cd\beta - cb\delta], \qquad \beta' = \frac{1}{ad-bc}[bd\alpha - b^2\gamma + d^2\beta - bd\delta],$$

$$\gamma' = \frac{1}{ad-bc}[-ac\alpha + a^2\gamma - c^2\beta + ac\delta], \qquad \delta' = \frac{1}{ad-bc}[-bc\alpha + ab\gamma - cd\beta + ad\delta].$$

Montrons que l'on peut déterminer simplement a, b, c et d de façon que le quadripôle d'éléments (α', β', γ', δ') ait ses indépendances caractéristiques proportionnelles à celles du quadripôle initial.

A cet effet, on peut remarquer que l'équation aux impédances caractéristiques ρ de ce dernier s'écrit

(3) $$\gamma\rho^2 - (\alpha - \delta)\rho - \beta = 0,$$

et que son équation aux valeurs propres λ, qui se conserve dans la transformation S, est

(4) $$\lambda^2 - (\alpha + \delta)\lambda + 1 = 0.$$

Les équations (3) et (4) donnent respectivement

$$\rho = \frac{1}{2\gamma}\left[\alpha - \delta \pm \sqrt{(\alpha-\delta)^2 + 4\beta\gamma}\right], \qquad \lambda = \frac{1}{2}\left[\alpha + \delta \pm \sqrt{(\alpha+\delta)^2 - 4}\right].$$

Compte tenu de $\alpha\delta - \beta\gamma = 1$, on peut remarquer que

$$(\alpha-\delta)^2 + 4\beta\gamma = (\alpha+\delta)^2 - 4$$

et il vient entre les ρ et les λ la relation

$$(5) \qquad \rho = \frac{\lambda - \delta}{\gamma}.$$

Considérons alors le quadripôle $(\alpha', \beta', \gamma', \delta')$; entre ses impédances caractéristiques et ses valeurs propres, ces dernières étant les mêmes que celles du quadripôle $(\alpha, \beta, \gamma, \delta)$, on aura la relation

$$\rho' = \frac{\lambda - \delta'}{\gamma'}.$$

Comme nous voulons que soit satisfaite la relation $\rho' = \mu\rho$, μ étant une grandeur réelle ou complexe, nous devrons avoir

$$\gamma = \mu\gamma', \qquad \delta = \delta'.$$

Ces conditions veulent que

$$\mu[-ac\alpha + a^2\gamma - c^2\beta + ac\delta] = \gamma[ad - bc]$$
$$-bc\alpha + ab\gamma - cd\beta + ad\delta = \delta[ad - bc],$$

ce qui permet de déterminer b et d à partir de valeurs arbitraires données à a et c; il vient

$$b = \mu \cdot \frac{c\beta}{\gamma}, \qquad d = \mu \cdot \frac{a\gamma + c(\delta - \alpha)}{\gamma}.$$

Nous savons donc calculer les éléments de S et la matrice $\mathcal{A} = S^{-1}AS$ caractéristique des quadripôles ayant leurs impédances caractéristiques dans le rapport μ avec celles du quadripôle initial, est par suite déterminée.

Remarque. — Des expressions de ρ et λ on aurait tout aussi bien pu tirer la relation

$$\rho = \frac{\alpha - \lambda}{\gamma},$$

ce qui aurait conduit à un second type de matrices pour les quadripôles cherchés.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur un nouveau phénomène d'induction électromagnétique dû aux ions négatifs.* Note [1] de MM. **Théodore V. Ionescu** et **Vasile P. Mihu**, présentée par M. Aimé Cotton.

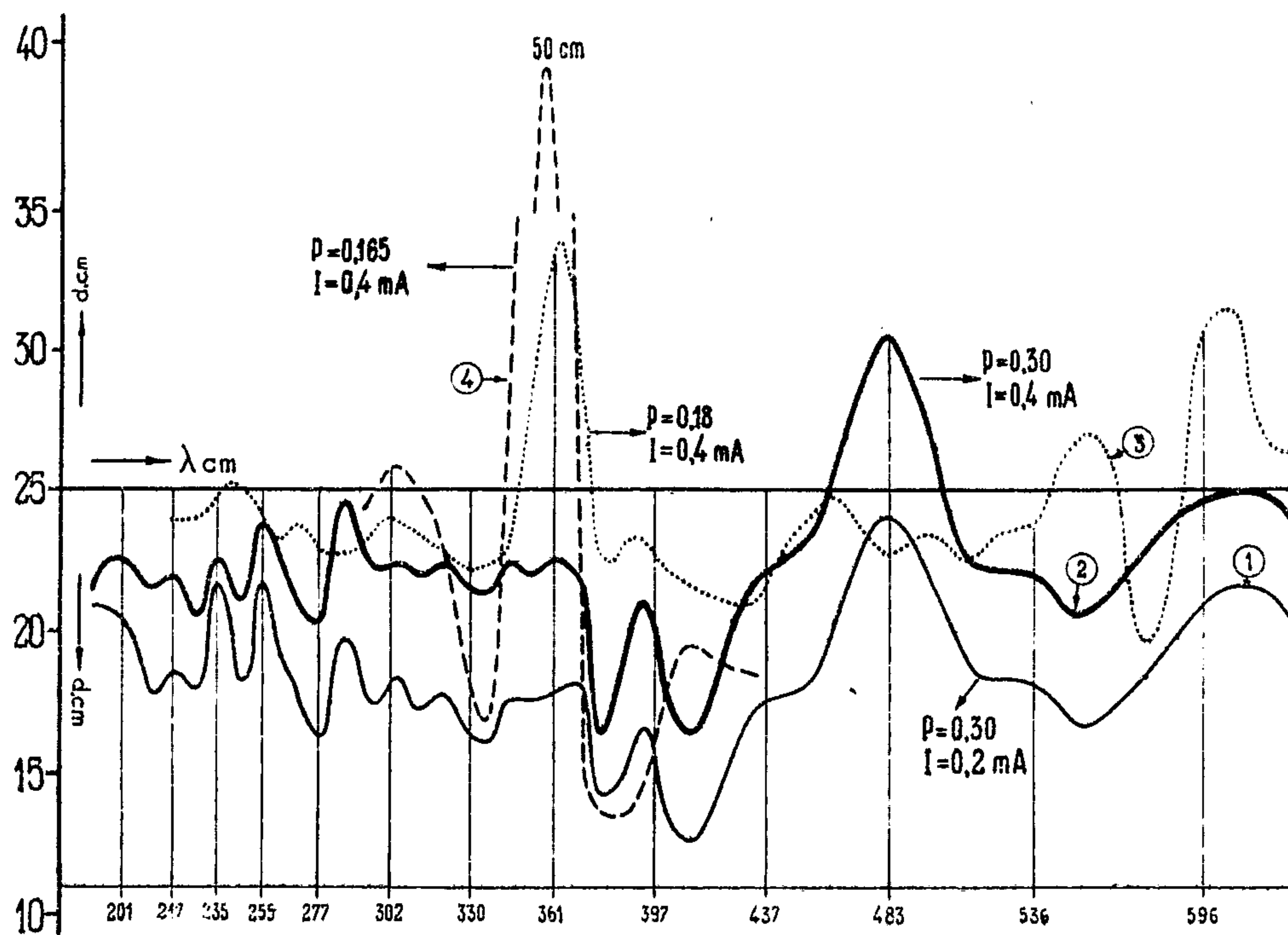
Si un tube de Geissler se trouve à l'intérieur d'une bobine qui est le résonateur d'un circuit oscillant, l'intensité du courant qui parcourt le circuit

(1) Séance du 21 avril 1947.

oscillant varie en fonction de l'intensité du courant qui passe dans le tube de Geissler (²).

Les absorptions dues, dans la colonne positive, aux électrons libres et dans la colonne négative aux ions négatifs ayant une période propre de vibration, ont été étudiées en détail (³).

En général, l'intensité du courant du résonateur est moindre en présence de la décharge dans le tube qu'en son absence (absorption d'énergie par le gaz ionisé). Toutefois, sous certaines conditions de fréquence et de pression, c'est l'inverse qu'on observe.



Notre Note a pour but de présenter les résultats d'une étude systématique de la variation d'énergie du résonateur en fonction de la fréquence, lorsque le gaz contenu dans le tube est de l'hydrogène sous différentes pressions et pour des intensités constantes du courant de décharge. En outre nous nous sommes proposé de montrer qu'il se produit toujours des ions négatifs si le champ électrique du gaz ionisé est faible.

Les expériences ont porté sur deux tubes à vide : *a*. Un tube de Geissler ordinaire (longueur 116^{cm}, diamètre 6^{cm},5) à électrodes en aluminium de 6^{cm} de diamètre. Avec ce tube, la distance de la spire du résonateur à la cathode étant

(²) Th. V. Ionescu et Mlle Ir. Mihul, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 682.

(³) V. P. Mihul, *Ann. Scient. de l'Université de Iassy*, **27**, 1941, p. 241 et *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 32; Th. V. Ionescu, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 567; *ibid.*, **218**, 1944, p. 230.

de 15^{cm}, on a obtenu les courbes 1 et 2 de la figure 1. Les conditions de travail (intensité du courant de décharge et pression du gaz) sont marquées sur chacune de ces courbes.

b. Un deuxième tube (longueur 65^{cm}, diamètre 6^{cm}) était pourvu de 4 électrodes : deux cathodes planes en aluminium, placées aux extrémités du tube et deux autres électrodes, de forme cylindrique et fendues suivant une génératrice, situées à une distance de 15^{cm} des deux électrodes planes. La distance entre les électrodes cylindriques était de 33^{cm} et la spire du résonateur se trouvait à égale distance entre elles. Les électrodes planes étaient reliées au pôle négatif et les électrodes cylindriques au pôle positif d'une source de courant continu, la même pour les deux tubes : un redresseur de 3000 V $\times$ 250 mA.

Avec ce tube, dans lequel la décharge passe dans de bonnes conditions, même sous une pression de quelques millièmes de millimètre de mercure, nous avons obtenu les courbes 3 et 4; les conditions de travail sont notées sur chacune des courbes.

Dans ce cas, les électrons émis par la cathode traversent les électrodes cylindriques et ionisent le gaz contenu dans l'espace entre elles. Dans cet espace, où la valeur du champ (dû uniquement aux charges des électrons) est faible, on constate la présence des ions négatifs ayant une période propre de vibration. Les maxima et les minima des courbes 3 et 4 montrent en effet que l'on est en présence d'absorptions sélectives.

Dans la figure, les ordonnées représentent les déviations du galvanomètre (d) en centimètres; la ligne horizontale qui correspond à la division 25^{cm} représente la déviation du galvanomètre en l'absence du courant de décharge. En général, les courbes indiquent une absorption d'énergie, mais l'on voit très bien que, pour certaines fréquences, la valeur du courant du résonateur est beaucoup plus grande en présence qu'en l'absence de la décharge.

On remarque également que presque tous les maxima des courbes ont lieu pour des longueurs d'onde qui correspondent aux vibrations propres des ions négatifs ([4]). Ces longueurs d'onde sont marquées sur la figure.

Si l'on admet que les ions négatifs sont animés d'un mouvement d'ensemble par rapport au résonateur, on peut expliquer un grand nombre des particularités observées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la cinétique de l'oxydation de l'aluminium en poudre.* Note ([1]) de M. **Haldun N. Terem**, présentée par M. Paul Pascal.

L'oxydation d'un échantillon d'aluminium à 99,99 %, en poudre calibrée par tamisage entre les tamis n^{os} 250 et 300, a été étudiée successivement dans

([4]) Th. V. Ionescu, *Comptes rendus*, 270, 1940, p. 699 et *Disquisitiones Mathematicæ et Physicæ*, I, 3-4, 1941.

([1]) Séance du 21 avril 1947.

l'air ordinaire et l'air sec, à des températures variant de 850 à 1050° C. Les résultats obtenus montrent que le phénomène obéit incomplètement à la loi d'oxydation de Valensi ([2]), l'existence d'une période d'induction étant nettement mise en évidence, ainsi que le montrent les courbes *taux d'oxydation* (*m*)-*temps* de la figure 1. Ces résultats sont à rapprocher de ceux que

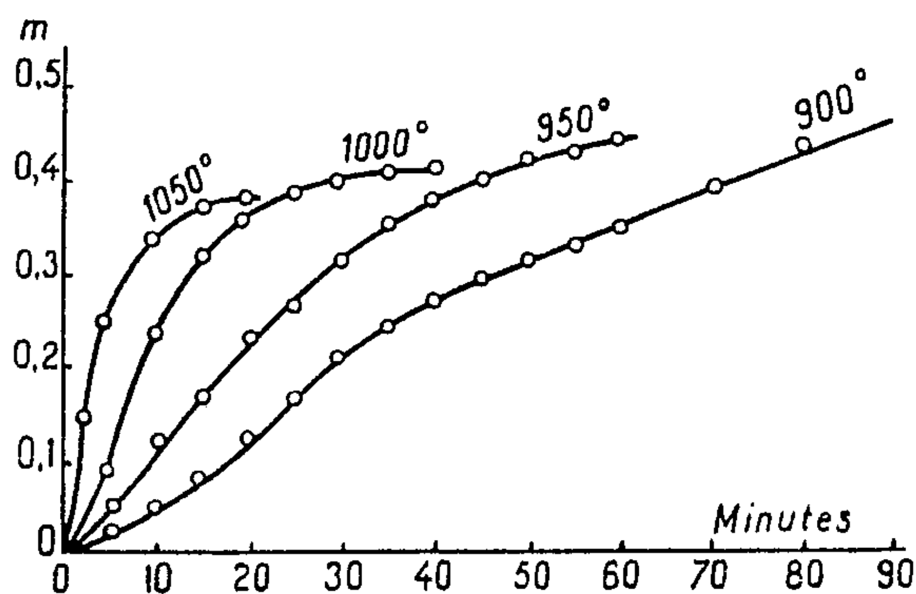


Fig. 1.

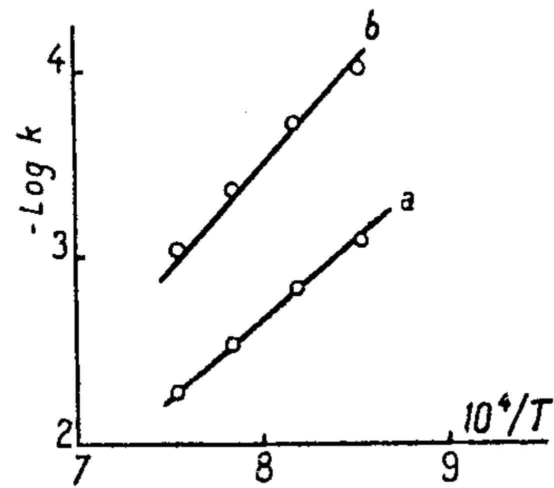


Fig. 2.

nous avions précédemment obtenus avec le glucinium ([3]). Néanmoins, les parties rectilignes des courbes F(*m*) obtenues par application de la formule de Valensi vérifient la loi d'Arrhénius (droite *a* de la figure 2), et donnent

$$-\log k = \frac{0{,}9 \cdot 10^4}{T} - 4{,}5,$$

d'où, pour l'énergie d'activation de la réaction : $2\,Al + 1{,}5\,O_2 \rightarrow Al_2O_3$, la valeur $W = 41\,400$ cal/g. Cette valeur devient $W = 48\,300$ cal/g dans l'air sec, la loi d'Arrhénius étant toujours vérifiée (droite *b* de la figure 2), par suite du ralentissement de la réaction. Une action catalytique de l'humidité, comparable à celle observée avec le glucinium, sans toutefois être aussi intense, est ainsi mise en évidence. D'autre part, l'arrêt brusque de la réaction, après un temps convenable d'exposition à l'air, observée dans le cas de l'aluminium compact par Pilling et Bedworth ([4]), se manifeste ici aussi d'une façon très marquée.

Cette *grésification*, également exaltée par l'action de l'humidité, augmente d'intensité avec la température. Les échantillons étudiés sont donc le siège de deux phénomènes antagonistes : l'un étant la vitesse d'oxydation, qui, pour une élévation donnée de température, accélère la réaction, l'autre, ce que nous appellerons *vitesse de grésification*, définie par le temps qu'il faut, à une température donnée pour avoir *m* maximum, qui tend au contraire à la ralentir. Ainsi, la *grésification* étant très lente à 850° (il faut 6 heures environ pour avoir $m = 0{,}58$), l'oxydation a le temps de se développer d'une façon à peu

([2]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 309.

([3]) *Rev. Fac. Sciences Univ. Istanbul*, **8**, 1943, p. 9.

([4]) *J. Inst. of Met.*, **1**, 1923, p. 529.

près normale, tandis qu'à 1050, la *grésification* est très rapide ($m = 0,39$ étant atteint en 25 minutes) : par conséquent, la vitesse d'oxydation, très grande, cesse brusquement par suite de la formation rapide de la couche d'alumine inhibitrice. Les courbes de la figure 1 en donnent d'ailleurs une idée très nette.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La susceptibilité magnétique : Critère de pureté.* Note de M[me] **Nicole Pacault** et M. **Georges Séris**, présentée par M. Paul Pascal.

On sait que la susceptibilité moléculaire K_M d'un composé de structure définie peut être calculée *a priori* par une formule d'additivité.

En chimie organique la loi d'additivité des susceptibilités est, à la précision de 2 %, indiscutablement vérifiée. Notons bien que ce domaine de validité n'est pas seulement fonction de la précision des mesures qui est souvent supérieure à 0,5 %, mais encore de l'individualité structurale des corps, les fines différences de structures faisant apparaître des variations de susceptibilité inférieures à 2 % (1).

Tout écart à la loi d'additivité doit donc faire suspecter la nature du produit ou son état de pureté (2).

M. G. Vavon nous a prêté une série d'alcools préparés en 1913 pour sa thèse, par hydrogénation de cétones ou d'aldéhydes. Ils étaient en quantité trop faible pour leur faire subir une purification très poussée, et nous avons vérifié sur eux la concordance entre les analyses chimique et magnétique.

Nous avons constaté des divergences entre les susceptibilités mesurées et calculées. Au cours du temps certains de ces alcools ont dû s'altérer, l'oxydation lente ayant vraisemblablement favorisé la formation des composés de départ.

C'est ce que nous avons pu vérifier par l'analyse chimique.

Les mesures magnétiques ont été faites par la méthode de M. P. Pascal (2) modifiée par M. A. Pacault (1). La précision des mesures est de 0,5% pour les liquides, 1% pour les solides. Les cétones ou aldéhydes présentes dans les alcools ont été dosées par action du chlorhydrate d'hydroxylamine et analyse volumétrique de l'acide chlorhydrique libéré, en présence de bleu de bromophénol.

Le tableau réunit :

K et k susceptibilités moléculaire et spécifique *mesurées* du corps étudié;
K_a et k_a susceptibilités moléculaire et spécifique calculée de l'alcoool étudié;
K_i » » calculées de l'impureté présumée;
Z pourcentage d'impureté donné par l'analyse chimique;
k' susceptibilité spécifique calculée par additivité du mélange tel que le définit l'analyse chimique;

$$\varepsilon_1 = \frac{k' - k}{k'};$$

$$\varepsilon_2 = \text{erreur constatée initialement } \frac{k_a - k}{k_a}.$$

(1) A. Pacault, *Ann. de Chim.*, **46**, sept.-oct., p, 527.
(2) P. Pascal, *Ann. de Chim.*, 1912, p. 289.

Corps.	K.	K_a.	K_i.	Z.	k.	k'.	ε_1.	ε_2.
Méthyléthylcarbinol	57,6	57,9	45,7	0	0,778	0,782	0,5	0,5
Méthylpropylcarbinol	69,1	69,8	57,6	1,7	0,785	0,790	0,6	1,1
Pentanediol-2.4	70,4	74,4	50,0 (dicétone)	11,0	0,677	0,690	1,9	5,3
			57,6 (monocétone)	25,0		0,676	0	
Méthylisobutylcarbinol	80,4	82,1	69,9	0,9	0,788	0,803	1,9	2,1
Alcool œnanthylique	91,7	93,5	81,3	0,7	0,790	0,805	2,0	2,0
Dipropylcarbinol	91,5	93,5	81,3	0	0,789	0,806	2,1	2,1
Diisobutylcarbinol	116,9	117,2	105,0	0	0,812	0,816	0,5	0,5
Acétate de phénylbutanol	134,5	141,4	96,4	4,5	0,653	0,658	0,8	5,0
Diphénylcarbinol	119,1	120,6	105,6	0	0,647	0,655	1,2	1,2
Acétate de méthoxy-3 éthoxy-4 benzyle	138,5	140,0	107,4	0	0,619	0,625	1,0	1,0
Alcool *o*-méthoxybenzylique	87,9	90,0	73,2	3,1	0,637	0,646	1,4	2,1
Acétate de méthoxysaligénine	110,3	110,4	73,2	1,0	0,613	0,614	0,2	0,2
Benzoate de méthoxy-3 éthoxy-4 benzyle	177,3	178,8	107,4	0,7	0,620	0,620	0	1,0
Saligénine	76,9	78,9	66,7	3,7	0,620	0,632	1,9	2,4

La comparaison des valeurs de ε_1 et ε_2 est éloquente. Lorsque ε_2 est inférieure à 2 %, le corps est pratiquement pur; lorsque ε_2 est supérieure, l'analyse montre que la correction entraîne alors pour ε_1 une valeur qui, à son tour, est inférieure à 2 %.

On voit donc que la magnétochimie donne un critère de pureté ainsi que d'identification des corps, comme nous le montrerons par ailleurs.

Cette technique a l'avantage de n'entraîner ni perte ni modification du produit. Elle est en outre utilisable dans tous les cas même les plus compliqués, c'est-à-dire lorsque les méthodes chimiques d'analyse sont impuissantes.

Nota. — Il eût paru plus immédiat de comparer Z à la quantité $x = \frac{k_a - k}{k_a - k_i}$ d'impureté, mais l'erreur

$$\frac{dx}{x} = \frac{dk}{k}\left[\frac{k_a + k}{k_a - k} + \frac{k_a + k_i}{k_a - k_i}\right]$$

devient d'autant plus grande que le corps est plus pur.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Effet bathochrome et taux de conjugaison des substituants dans les composés aromatiques.* Note [1] de M^me **Alberte Pullmann**.

La relation associant la couleur à la conjugaison s'exprime d'une façon simple dans le cas des molécules non substituées. Elle prend une forme semi-quantitative si l'on remarque que dans les différentes séries qui peuvent être étudiées de ce point de vue, comme, par exemple, dans les chaînes linéaires éthyléniques, les chaînes des noyaux aromatiques, des *p*-polyphényles, ou des

(1) Séance du 5 mai 1947.

α-ω-diphényl-polyènes, le déplacement spectral vers les grandes longueurs d'onde est proportionnel au nombre des doubles liaisons en état de résonance.

Pour les corps substitués, seules des considérations qualitatives ont pu être développées ([2]). Le manque de données numériques concernant la variation du pouvoir de conjugaison d'un substituant en fonction de sa position sur le cycle ne permettait pas l'interprétation des variations de l'effet bathochrome en fonction de ce facteur.

Le développement de notre méthode d'évaluation de l'action des substituants sur la structure des molécules organiques ([3]) a permis à B. Pullman d'énoncer les règles ([4]) définissant l'effet global des substituants sur la répartition électronique, et de préciser que *dans une molécule donnée le taux de conjugaison ou d'hyperconjugaison d'un substituant est d'autant plus grand que ce groupement se trouve fixé sur un sommet plus chargé*. Nous pouvons associer ainsi à chaque substituant *un indice de conjugaison*, variable avec la position qu'il occupe sur le cycle, et représentable, par exemple, par la quantité des charges apportées (ou enlevées) à la molécule.

Examiné en fonction du pouvoir de conjugaison ainsi défini, le déplacement spectral vers les grandes longueurs d'onde semble évoluer parallèlement à cette grandeur, ce qui permet d'établir dans le cas des molécules substituées une relation semi-quantitative analogue à celle qui existe pour les molécules non substituées. Cette relation est particulièrement facile à vérifier dans le cas des molécules simples. Ainsi l'effet bathochrome, dû au méthyle, est plus fort dans l'α-méthyl-naphtalène que dans le β-méthyl-naphtalène ([5]), et l'indice de conjugaison est dans ces deux cas égal respectivement à 0,086 e et à 0,074 e. De même il est connu ([6]) que dans l'anthracène la substitution sur la position méso est particulièrement favorable au déplacement spectral vers les grandes longueurs d'onde, de sorte que parmi tous les dérivés dihalogénés de l'anthracène, seuls les disubstitués en méso sont colorés. Or la position méso de l'anthracène, particulièrement chargée, favorise la conjugaison maximum des substituants.

La relation est plus difficile à démontrer dans le cas des grandes molécules surtout à cause de la complexité du spectre. On ne peut alors définir le déplacement spectral d'une façon unique et l'on est obligé de considérer les déplacements des différentes raies, déplacements qui souvent sont difficilement comparables entre eux. On ne saurait prendre non plus une moyenne de ces déplacements, car une telle quantité n'aurait presque aucune signification

([2]) Voir par exemple, C. R. Bury, *J. A. C. S.*, 57, 1935, p. 2115.

([3]) *Thèse*. Paris. 1946.

([4]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1936.

([5]) De Laszlo, Z. *Physik. Chem.*, **118**, 1925, p. 369.

([6]) E. Clar, *Aromatische Kohlenwasserstoffe*, Berlin, 1941.

physique (⁷). Dans ce cas, le mieux est encore de choisir des raies particulièrement nettes et intenses et d'évaluer leurs déplacements. Voici dans les cas des dérivés du 1.2-benzanthracène et du cholanthrène les déplacements des raies D et H donnés par Norman Jones [7] et les indices de conjugaison calculés dans l'hypothèse de la possibilité de libre résonance.

Composé.	Max. D.	Δ_D.	Max. H.	Δ_H.	Indice de conjugaison.
1.2-benzanthracène	2870	0	3410	0	–
6-méthyl 1.2-benzanthracène	2890	20	3440	30	0,114
5- » »	2890	20	3460	50	0,129
8- » »	2900	30	3460	50	0,128
9- » »	2905	35	3515	105	0,150
10- » »	2915	45	3545	135	0,157
5,8-diméthyl 1.2-benzanthracène	2925	55	3520	110	0,257
5,10- » »	2945	75	3580	170	0,286
8,10- » »	2950	80	3560	150	0,286
9,10- » »	2965	95	3640	230	0,307
Cholanthrène	2950	80	3580	170	0,286
22-méthylcholanthrène	2960	90	3580	170	0,400
20- »	2970	100	3590	180	0,400
6- »	2975	105	3600	190	0,418
6,22-diméthylcholanthrène	2985	115	3600	190	0,514
6,20- »	2985	115	3600	190	0,514

Sans pouvoir s'attendre dans ce cas à un accord complet, on voit toutefois un accord général assez bon, les substitutions par exemple sur les sommets 9 et 10, les plus chargés, produisant le plus fort déplacement spectral. Signalons que dans certains cas, non énumérés dans le tableau, comme par exemple dans le cas du 1'-méthyl ou du 6,7-diméthylbenzanthracène, les déplacements spectraux sont nettement inférieurs à l'indice de conjugaison formel. Mais, dans ces cas, un empêchement de résonance dû pour le dérivé méthylé en 1' à l'interaction avec la position 9 et pour le dérivé diméthylé à l'interaction de deux méthyles placés l'un à côté de l'autre, explique ce phénomène.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Carbonisation de la cellulose.*
Note [1] de M. **Henry Brusset**, présentée par M. Paul Pascal.

On peut obtenir des carbones noirs amorphes, soit par combustion incomplète, soit par décomposition thermique ou chimique de substances organiques.

(⁷) *J. A. C. S.*, 62, 1940, p. 148; 63, 1941, p. 151 : *Chemical Review*, 1943, p. 1.

(¹) Séance du 5 mai 1947.

Parmi les substances solides infusibles dont la pyrolyse conduit à du carbone amorphe, l'une des mieux connues et des mieux cristallisées est la cellulose.

Pour toutes les substances *typiquement solides*, l'état du solide, révélé par l'étude rœntgénographique, offre une grande importance. Nous avons utilisé dans cette étude, d'une part la méthode des spectres de poudre et de fibre, d'autre part la méthode de diffusion centrale.

Nous avons opéré sur du coton blanchi commercial qui donne des clichés cristallins de fibre, quoique moins nets que les fibres de ramie; nous avons préparé les échantillons suivants :

1. Coton blanchi.
2. Coton chauffé à 185° sous vide : produit blanc un peu friable.
3. Coton chauffé à 242° sous vide : produit couleur paille.
4. Coton chauffé à 257° sous vide : produit couleur brun clair.
5. Coton chauffé à 284° sous vide : produit couleur brun foncé.
6. Coton chauffé à 314° en atmosphère d'azote : produit noir.
7. Coton chauffé à 340° sous vide : produit noir.
8. Coton chauffé à 430° sous vide : produit noir.
9. Coton chauffé à 465° en atmosphère d'azote : produit noir.
10. Coton chauffé à 600° par la méthode du double creuset : produit noir.

a. Étude des diagrammes Debye. — On a deux types de diagrammes :

Les clichés des cinq premiers échantillons sont identiques, c'est-à-dire que, jusqu'à la température de 284°, le coton, même chauffé longuement (une dizaine d'heures) et ne se modifiant plus, garde des fibres orientables donnant un diagramme de fibre et les mêmes raies de diffraction, à savoir :

Correspondant à l'espacement réticulaire par la formule de Bragg :

à 5,8 et 5,35 Å, 2 raies;

à 4,4 Å, dans les directions de symétrie du diagramme, un arc;

à 3,9 Å, une raie à renforcement central très net de diagramme de fibre : la raie la plus intense du diagramme;

vers 5,1 Å, deux raies se séparant mieux dans la direction de symétrie du diagramme;

à 2,61 Å, un anneau régulier;

à 2,50; 2,12; 2,00; 1,89 Å, etc., un système de quelques raies assez faibles, assez peu séparées du fond un peu plus intense dans cette région.

Par contre, les échantillons 6 à 10 donnent des diagrammes très différents, sans structure de fibre; les multiples raies de la cellulose ont disparu et l'on a seulement un anneau large, à bord diffus, dont le centre est à peu près à la place de la raie 002 du graphite.

On aperçoit aussi, très vague et large, un anneau correspondant à un espacement réticulaire de 2,1 Å.

Les échantillons 6 et 7 ont un diagramme plus diffus que les échantillons 8, 9 et 10. On voit donc une amélioration de l'état cristallin se produire lorsque la

température de carbonisation s'élève. La raie de 3,6 Å est beaucoup mieux séparée dans les clichés des échantillons 8, 9 et 10.

b. Étude de la diffusion centrale. — Utilisant le dispositif de Guinier ([2]) déjà employé pour l'étude des charbons minéraux ([3]), nous avons étudié la diffusion aux petits angles avec les échantillons 1, 3, 5, 7, 10.

Les échantillons 1, 3 et 5 donnent une diffusion centrale inobservable. A peine peut-on noter une très légère diffusion sur les bords du cache pour l'échantillon 5. Par contre, les échantillons 7 et 10 montrent une diffusion peu étendue, mais très nette et assez intense sur les bords du cache.

Nous avons opéré également avec de la cellulose de papier filtre Durieux, très pure, qui a donné à l'état naturel une très faible diffusion centrale et qui, calcinée à 465°, a donné une diffusion très intense et assez peu étendue lorsque l'angle de diffusion croît.

Ainsi, il résulte de cette étude :

1° La structure de la cellulose se maintient, malgré une modification très importante de la substance (que traduit une perte de poids notable), dans le cas de la cellulose chauffée à moins de 300°. On est en présence d'une réaction en phase solide, avec conservation de structure et modification du corps chimique formant le solide.

2° Cette structure s'effondre vers 300° et une structure très amorphe de carbone apparaît et se précise lorsque la température de traitement augmente. Les plans 002 de densité atomique maximum de la cellulose, distants de 3,9 Å, donnent vraisemblablement les plans de densité maximum 002 du graphite, distants de 3,6 environ dans le carbone très amorphe produit.

3° L'effondrement de la structure cellulosique est accompagné de l'apparition d'une très nette structure micellaire correspondant à des particules assez séparées, d'une soixantaine d'angtröms de rayon.

CHIMIE MINÉRALE. — *Identification d'hydrates de cobalt et de zinc par leurs spectres de rayons X.* Note ([1]) de M. **Albert Nicol**, présentée par M. Pierre Jolibois.

I. *Cobalt.* — Nous avons signalé ([2]) qu'à l'action d'une solution de soude de normalité N/40, N/30, N/20, N/10, 2N/10, 3N/10 et 4N/10 sur une solution de SO_4Co N/10, au moyen du mélangeur de M. Jolibois ([3]), correspondent des précipités A, B, C, D, E, F, G :

([2]) Guinier, *Thèse*, Paris, 1939.

([3]) Brusset, Guinier et Devaux, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 152.

([1]) Séance du 28 avril 1947.

([2]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 995.

([3]) *Comptes rendus*, **169**, 1919, p. 1161.

A, B, C de couleur verte, de formule SO_4Co, $3Co(OH)_2$, probablement $1H_2O$;

D de couleur marron clair, de formule $Co(OH)_2$;

E, F, G de couleur brune, de formule $Co(OH)_2$.

L'analyse, par pesée continue en fonction de la température, met en évidence l'existence entre 450° et 850°, d'un hydrate, intermédiaire entre $Co(OH)_2$ et CoO, de formule 3CoO, H_2O (*fig.* 1).

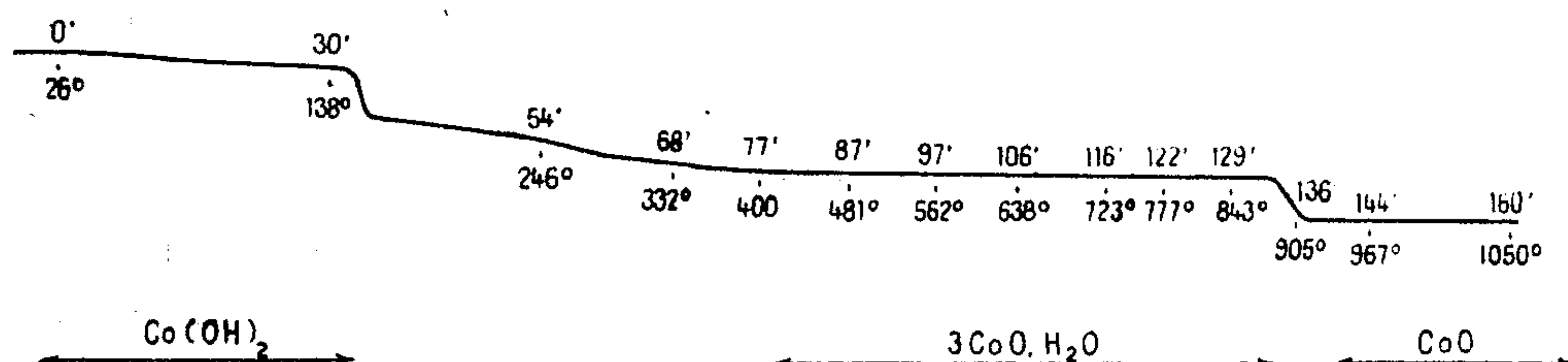


Fig. 1. — Analyse thermogravimétrique de l'hydroxyde de cobalt.

Nous avons obtenu ce dernier corps par chauffage de G à 479°, soit G_1, et nous avons également recuit l'échantillon G_1 de 479° à 510° pendant 23 heures, soit G_2.

TABLEAU I. — *Donnant les angles θ pour les différentes variétés de précipités cobalteux.*

A.	D.	G.	G_1.	G_2.	G_3.
–	–	–	–	11°50′	12°9′
–	12°45′	12°45′	–	–	–
13°30′	–	–	–	–	–
–	–	–	–	14°42′	–
–	–	19°48′	20°	19°33′	–
20°54′	–	–	–	–	–
–	22°15′	22°18′	–	–	–
–	–	23°27′	23°36′	23°10′	23°12′
–	24°51′	24°51′	–	–	–
–	–	–	28°51′	28°15′	–
–	–	–	–	–	29°48′
–	32°36′	32°30′	–	–	–
–	–	–	34°39′	33°54′	–
–	–	–	36°9′	35°33′	–
37°	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	40°
–	42°48′	42°42′	42°42′	42°15′	–
45°42′	45°48′	45°30′	45°30′	–	–
–	48°48′	48°42′	–	–	48°42′
–	–	–	51°54′	51°12′	51°48′
–	–	–	56°12′	55°42′	–
–	–	–	–	–	63°36′
–	–	–	–	–	65°6′
–	–	–	66°42′	66°15′	66°48′

TABLEAU II. — *Donnant les angles θ pour les variétés d'hydrates et d'oxyde de zinc.*

ZnO, $2H_2O$.	ZnO, H_2O.	ZnO.	ZnO, $2H_2O$.	ZnO, H_2O.	ZnO.
5°1′	–	–	–	33°33′	33°36′
7°27′	–	–	–	34°21′	34°23′
–	9°38′	–	–	34°57′	34°59′
10°48′	–	–	35°21′	–	–
–	11°24′	–	–	36°40′	36°44′
–	11°46′	–	–	38°53′	38°55′
–	12°13′	–	–	41°19′	41°10′
–	12°47′	–	–	45°18′	45°18′
13°48′	–	–	–	46°50′	46°52′
14°15′	–	–	–	48°9′	48°11′
–	15°4′	–	49°24′	–	–
16°39′	16°3′	16°3′	–	49°50′	49°52′
17°39′	17°26′	17°28′	–	–	52°
18°22′	18°20′	18°24′	–	52°41′	52°39′
21°11′	21°38′	–	–	53°41′	–
–	24°26′	24°24′	–	–	54°18′
25°	25°16′	–	–	–	55°15′
26°41′	26°30′	–	–	58°43′	58°41′
–	27°49′	–	–	61°21′	58°59′
–	28°36′	28°39′	–	–	–
29°37′	–	–	–	–	–
30°11′	30°6′	–	–	–	–
–	31°48′	31°48′	–	–	–

Chauffant G à 1000°, nous avons eu CoO, soit G_3.

L'étude des spectres de rayon X a porté sur les variétés A, D, G, G_1, G_2, G_3. Elle est résumée dans le tableau ci-dessus des angles θ (tableau I) (Raie Kα du fer).

Les différents échantillons présentent donc une individualité, sauf la variété G. En effet, pour celle-ci, l'ensemble de ses raies se retrouve ou dans D ou dans G_1, G_2.

Il semblerait que, en conformité avec l'analyse, on peut distinguer : un sulfate basique, un hydroxyde, un hydrate 3CoO, H_2O et un oxyde. Les précipités G seraient des mélanges d'hydroxyde et d'hydrate 3CoO, H_2O.

II. *Zinc*. — En précipitant une solution de sulfate de zinc par une solution de soude, sensiblement équimoléculaire, on obtient un précipité. L'analyse thermogravimétrique du précipité (*fig.* 2) nous montre l'existence de deux

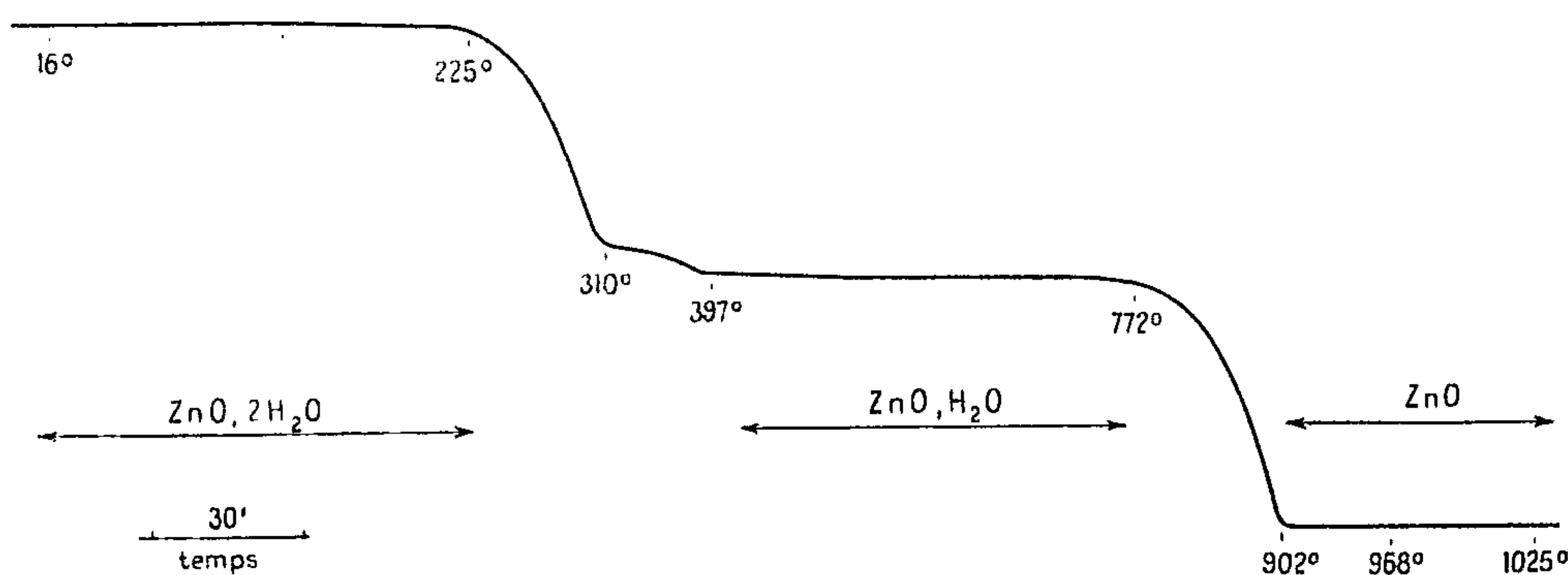


Fig. 2. — Analyse thermogravimétrique de l'hydrate de zinc.

hydrates de l'oxyde ZnO. Le calcul des pertes de poids ([1]) nous conduit à distinguer : 1° $ZnO_2, 2H_2O$ obtenu par précipitation existant de la température ordinaire à 220°; 2° ZnO, H_2O de 400 à 700°; 3° ZnO au-dessus de 900°.

L'étude des spectres de rayons X pour ces trois variétés a donné les résultats ci-dessous par les angles θ (tableau 2) (Raie Kα du cuivre).

Les trois échantillons manifestent une individualité certaine. Mais il faut remarquer toutefois que l'hydrate ZnO, H_2O présente un certain nombre de raies communes avec ZnO.

Il est vraisemblable que l'hydrate ZnO, H_2O, préparé par chauffage à 500°, a déjà un peu évolué vers ZnO à cette température.

Mais ici encore l'examen des spectres X confirme l'étude thermogravimétrique qui a permis de distinguer deux hydrates successifs.

En résumé, cette étude confirme l'existence d'un hydrate de cobalt 3CoO, H_2O et d'un oxyde de zinc hydraté ZnO, $2H_2O$.

([1]) *Thèse Doc. Sc. Phys.*, Paris, 1947.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la formule de l'acide molybdique.*
Note ([1]) de M. **Yves Doucet**, présentée par M. Paul Pascal.

En 1939 j'ai étudié par la cryoscopie en solution aqueuse, au moyen de la méthode d'équilibre, l'acide molybdique obtenu par attaque sulfurique du molybdate de baryum ([2]). La molarité m était mesurée à l'interféromètre Löwe-Zeiss à partir d'une solution mère titrée par la soude à raison de $2\,NaOH$ pour 1 atome Mo.

La courbe des abaissements moléculaires Θ/m donne comme valeur limite, pour $m=0$, $(\Theta/m)=1,39$. De ce résultat expérimental il est possible de déduire la formule de l'acide si l'on connaît sa dissociation ionique.

L'interprétation que j'avais donnée a été reprise par M. Georges Carpéni ([3]) qui arrive à une conclusion différente.

Soit $(Mo_xO_z)H_y$ la formule de l'acide. Sans postuler pour cela qu'il s'agit d'un acide fort ou non, on est en droit de poser que cet acide donne *à la limite*, en solution infiniment étendue, $(1+y)$ ions. Il vient alors

$$1,86\frac{1+y}{x}=1,39.$$

M. Carpéni pose $x=2$ et en tire $y=0,5$, ce qui signifie, dit-il, « qu'il s'agit d'un acide $(Mo_2O_7H)H$ dissocié à 50 % ».

Cette conclusion résulte d'une application incorrecte de la loi de Raoult. On sait qu'elle ne s'applique en toute rigueur qu'aux solutions infiniment diluées. A cette limite, les théories de Debye-Hückel et d'Arrhénius se rejoignent : le corps dissous est *totalement* dissocié. La titrimétrie initiale a été faite en supposant l'acide biacide, il faut donc prendre, au minimum, $y=2$. L'équation ci-dessus donne alors $x=4$, ce qui conduit à la formule $(Mo_4O_{13})H_2$.

Ce dernier raisonnement ne contredit pas le fait qu'aux concentrations finies l'acide agit comme s'il était incomplètement dissocié (langage d'Arrhénius). La courbe des variations du coefficient d'activité que nous avons tracée ([4]) montre, par exemple, que, dès la concentration 0,001 M, 53 % seulement des ions sont actifs et 15 % à la concentration 0,010 M.

Cette courbe montre aussi que l'hypothèse simplificatrice faite par M^me^ Chatelain-Soubarew ([5]) de confondre activité et concentration (pour appliquer la loi d'action de masses), est loin de se réaliser. En solution très étendue, disons $m=1.10^{-3}$, on trouve $a=0,5.10^{-3}$, et pour $m=2,10^{-3}$,

---

([1]) Séance du 5 mai 1947.
([2]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 750.
([3]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1060.
([4]) *J. Phys. et Radium*, 4, 1943, pp. 41-55.
([5]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 584.

$a = 0{,}8 . 10^{-3}$. Pour la solution 0,025 M qui a servi à tracer la courbe de neutralisation, $a = 1{,}7 . 10^{-3}$ seulement.

Une conclusion correcte ne pourra être tirée des équilibres ioniques que si la notion d'activité est utilisée.

Si l'on admettait la formule proposée par Mme Chatelain-Soubarew et M. Carpéni, c'est-à-dire $(Mo_2 O_7 H) H$, l'abaissement moléculaire limite serait $1{,}86 \times 2$. Comme à 2 NaOH nous avons attribué 1 Mo au lieu de 4, d'après la formule ci-dessus, on devrait trouver $1{,}86 \times 2/4$, soit 0,93. Or l'expérience donne $1{,}93 \pm 0{,}05$. La cryoscopie rejette donc complètement l'hypothèse d'un acide dimolybdique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Existence probable d'un phosphate cobaltique.* Note [1] de M. **Clément Duval**, présentée par M. Louis Hackspill.

Au cours de la préparation des nombreux orthophosphates dont, récemment, avec J. Lecomte, j'ai étudié la structure à l'aide des spectres d'absorption infrarouges [2], je me suis aperçu que nos connaissances sur les orthophosphates de cobalt restaient peu précises. En examinant l'attaque d'une lame de cobalt par l'acide phosphorique, on vit apparaître un fait nouveau qui mérite d'être noté.

Dans un tube en U séparé en deux moitiés par une cloison poreuse (parchemin ou cellophane) disposée perpendiculairement à son axe, on verse de l'acide phosphorique sirupeux à 85 % (densité 1,71). L'une des branches du tube contient une lame de cobalt pur jouant le rôle d'anode, l'autre un fil de cuivre servant de cathode. L'ensemble est placé à — 6° (mélange de glace et de sel marin). Sous l'action d'un courant continu (15 volts; 0,5 ampère), on observe dans la branche anodique un dégagement d'ozone et l'apparition d'une coloration jaune d'or qui finit par occuper toute cette branche. La même liqueur s'obtient d'ailleurs en attaquant l'hydroxyde cobaltique récemment préparé par l'acide phosphorique concentré, ou encore en créant un champ alternatif entre deux électrodes de cobalt plongées dans cet acide et sans l'emploi de cloison poreuse.

Le composé nouveau n'a pu être isolé sous forme solide. La viscosité de l'acide phosphorique en excès doit gêner cette opération. En refroidissant la solution à — 60° (neige carbonique-éthanol), celle-ci se décolore puis reprend sa teinte jaune d'or par réchauffement. Les moyens utilisés jadis pour obtenir à l'état solide le chlorure cobaltique [3], le cobalticarbonate cobaltique [4] et

---

(1) Séance du 3 mars 1947.

(2) *Bull. Soc. Chim.*, **14**, 1947, pp. 101-106.

(3) Cl. Duval et D. Hibert, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 780.

(4) Cl. Duval, *ibid.*, **191**, 1930, p. 615.

l'acide cobalto-triaquo-trichlorhydrique ([5]), composés également très instables dans leurs milieux de formation, sont restés inopérants.

La lumière, la chaleur, l'eau, les alcools, le glycérol, les éthers-oxydes, le dioxanne, l'aniline, la pyridine, la propanone, etc., détruisent la coloration jaune d'or et laissent une solution rose dont on peut retirer le phosphate cobalteux déjà connu $(PO_4)_2Co_3.8H_2O$.

La variation de la tension aux bornes, de la concentration en acide, de la température, le choix d'un phosphate alcalin comme électrolyte, n'ont pas fourni de résultats satisfaisants.

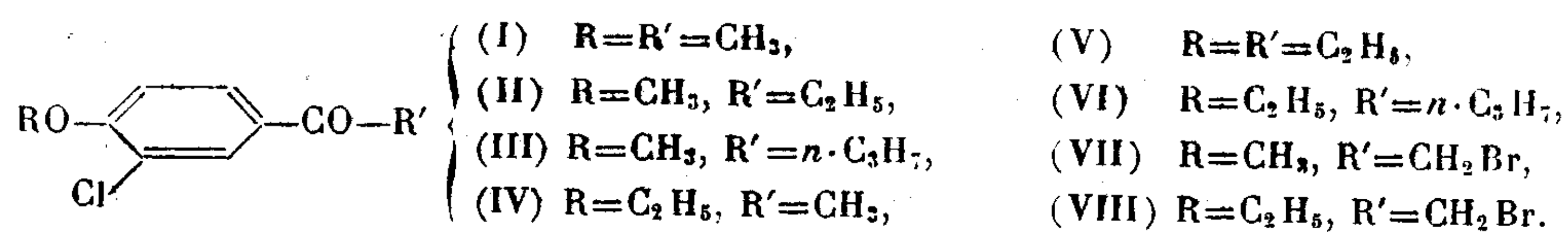
En vue de fixer une structure au corps obtenu, j'ai disposé la solution jaune d'or dans l'appareil à migration d'ions décrit précédemment ([6]). Au bout d'un quart d'heure et par l'emploi d'un courant continu (80 volts; 20 milliampères), il fut facile de mettre en évidence l'apparition du cobalt dans chaque branche du tube. Le corps préparé est donc un autocomplexe.

Prenant ensuite deux volumes égaux de la solution jaune d'or, dosant sur l'un d'eux le cobalt par électrolyse, évaluant sur l'autre l'oxygène actif (addition d'une solution d'iodure de potassium et titrage de l'iode formé instantanément en même temps que se produit le virage du jaune d'or au rose), on observe que tout le cobalt de la solution est à l'état trivalent, tout au moins lorsqu'elle est soutirée aussitôt après sa formation.

Par analogie avec les composés cobaltiques que j'ai préparés autrefois, j'admets, jusqu'à plus ample information, que la solution jaune d'or contient, dissous dans l'acide phosphorique, un cobaltiphosphate cobaltique de formule probable $[Co(PO_4)_2]Co$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les cétones dérivées des anisols et phénétols ortho-halogénés.* Note de MM. **Nguyen-Hoán** et **Buu-Hoï**, présentée par M. Marcel Delépine.

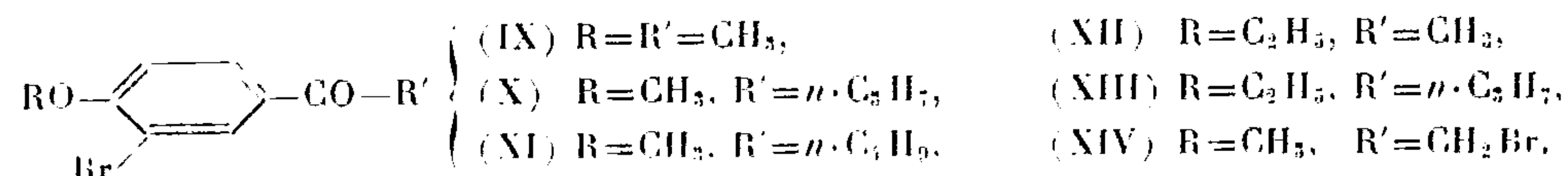
Poursuivant notre étude sur les dérivés halogénés des phénols, nous avons fait réagir les chlorures d'acides gras en présence de Cl_3Al sur l'*o*-chloranisol, l'*o*-bromanisol, l'*o*-chlorophénétol et l'*o*-bromophénétol. Voici une série de cétones ainsi obtenues :



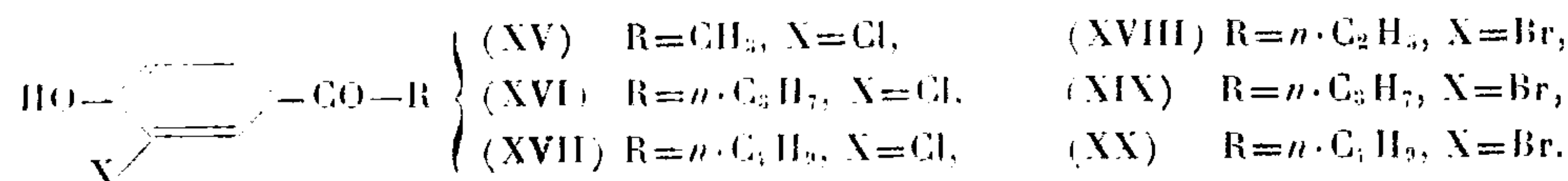
Acétyl-4 chloro-3 anisol (I), F 72°; *propionyl-4 chloro-3 anisol* (II), F 88°; *n-butyroyl-4 chloro-3 anisol* (III), F 71°; *acétyl-4 chloro-3 phénétol* (IV), F 61°; *propionyl-4 chloro-3 phénétol* (V), F 78°; *n-butyroyl-4 chloro-3 phénétol* (VI), F 72°; *acétyl-4 bromo-3*

([5]) Cl. Duval, *ibid.*, **200**, 1935, p. 399.
([6]) Cl. Duval, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 1020.

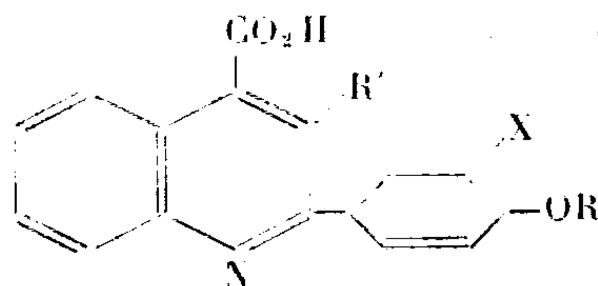
anisol (IX), F 83° (phénylhydrazone F 176°); *n-butyroyl-4 bromo-3 anisol* (X), F 71° (phénylhydrazone F 103°); *n-valéroyl-4 bromo-3 anisol* (XI), F 49° (phénylhydrazone F 124°); *acétyl-4 bromo-3 phénétol* (XII), F 99°; *n-butyrol-4 bromo-3 phénétol* (XIII), F 57°. Les cétones (I), (IV) et (IX), traitées par le brome, ont fourni respectivement le *bromacétyl-4 chloro-3 anisol* (VII), F 106°; le *bromacétyl-4 chloro-3 phénétol* (VIII), F 87°; le *bromacétyl-4 bromo-3 anisol* (XIV), F 105°. Ces derivés bromés fournissent avec les triarylphosphines et triarylarsines des *bromures de phosphonium* et d'*arsonium* quaternaires intéressants par leurs propriétés physiologiques.

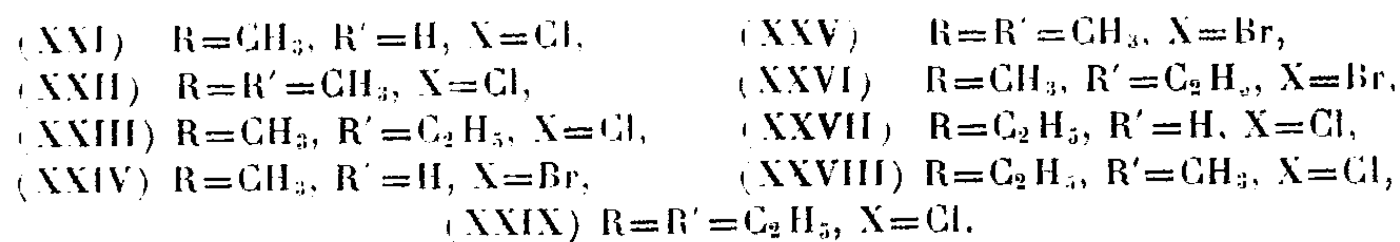


Dans les réactions de Friedel-Crafts précitées, il se forme comme sous-produits des cétones-phénols dont voici quelques types : *acétyl-4 chloro-3 phénol* (XV), F 107° [voir ([1]) F 96°]; *n-butyroyl-4 chloro-3 phénol* (XVI), F 122°; *n-valéroyl-4 chloro-3 phénol* (XVII), F 97°; *propionyl-4 bromo-3 phénol* (XVIII), F 125°; *n-butyroyl-4 bromo-3 phénol* (XIX), F 122°; *n-valéroyl-4 bromo-3 phénol* (XX), F 101°.



Conformément à la règle énoncée par l'un de nous ([2]), la réaction des cétones mixtes avec l'isatine selon Pfitzinger n'a lieu que pour R′ < $n.C_4H_9$. Voici quelques acides cinchoniniques obtenus :





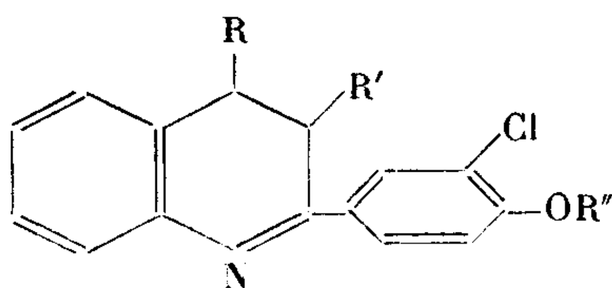
(XXI) R=CH_3, R′=H, X=Cl,
(XXII) R=R′=CH_3, X=Cl,
(XXIII) R=CH_3, R′=C_2H_5, X=Cl,
(XXIV) R=CH_3, R′=H, X=Br,
(XXV) R=R′=CH_3, X=Br,
(XXVI) R=CH_3, R′=C_2H_5, X=Br,
(XXVII) R=C_2H_5, R′=H, X=Cl,
(XXVIII) R=C_2H_5, R′=CH_3, X=Cl,
(XXIX) R=R′=C_2H_5, X=Cl.

Acide (chloro-3′ anisyl)-2 cinchoninique (XXI), F 267°; *acide méthyl-3 (chloro-3′ anisyl)-2 cinchoninique* (XXII), F 312°; *acide éthyl-3 (chloro-3′ anisyl)-2 cinchoninique* (XXIII), F 301°; *acide (bromo-3′ anisyl)-2 cinchoninique* (XXIV), F 265°; *acide méthyl-3 (bromo-3′ anisyl)-2 cinchoninique* (XXV), F 318°; *acide éthyl-3 (bromo-3′ anisyl)-2 cinchoninique* (XXVI), F 314°; *acide (chloro-3′ phénétyl)-2 cinchoninique* (XXVII), F 210°; *acide méthyl-3 (chloro-3′ phénétyl)-2 cinchoninique* (XXVIII), F 278° *acide éthyl-3 (chloro-3′ phénétyl)-2 cinchoninique* (XXIX), F 284°; *acide bromo-6 (chloro-3′ anisyl)-2 cinchoninique*, F 287°; *acide dichloro-6.8 (chloro-3′ anisyl)-2*

([1]) NENCKI et STOBER, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 30, 1899, p. 1771.
([2]) BUU-HOÏ et CAGNIANT, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 13, 1946, p. 123.

cinchoninique, F 249°; *acide bromo*-6 (*chloro*-3′ *phénétyl*)-2 *cinchoninique*, F 235°; *acide dichloro*-6.8 (*chloro*-3′ *phénétyl*)-2 *cinchoninique*, F 219°.

La pyrolyse de ces acides fournit les quinoléines correspondantes, et parfois également des γ-carbostyriles, selon la réaction découverte récemment par l'un de nous ([3]). Voici quelques-uns des corps ainsi obtenus :



(XXX)	R=R′=H, R″=CH_3,	(XXXIII)	R=H, R′=C_2H_5, R″=CH_3,
(XXXI)	R=OH, R′=H, R″=CH_3,	(XXXIV)	R=H, R′=H, R″=C_2H_5,
(XXXII)	R=H, R′=R″=CH_3,	(XXXV)	R=OH, R′=H, R″=C_2H_5.

(*Chloro*-3′ *anisyl*)-2 *quinoléine* (XXX), F 128° (picrate F 200°); *oxy*-4 (*chloro*-3′ *anisyl*)-2 *quinoléine* (XXXI), F 259°; *méthyl*-3 (*chloro*-3′ *anisyl*)-2 *quinoléine* (XXXII), F 116°; *éthyl*-3 (*chloro*-3′ *anisyl*)-2 *quinoléine* (XXXIII), F 80° (picrate F 188°); (*chloro*-3′ *phénétyl*)-2 *quinoléine* (XXXIV), F 106° (picrate F 186°); *oxy*-4 (*chloro*-3′ *phénétyl*)-2 *quinoléine* (XXXV), F 211°; (*bromo*-3′ *anisyl*)-2 *quinoléine*, F 114° (picrate F 215°); *bromo*-6 (*chloro*-3′ *anisyl*)-2 *quinoléine*, F 169° (picrate F 220°); *dichloro*-6.8 (*chloro*-3′ *phénétyl*)-2 *quinoléine*, F 152°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude des asphaltènes par extraction aux solvants sélectifs*. Note ([1]) de MM. **Michel Bestougeff** et **Robert Darmois**, présentée par M. Paul Pascal,

Les solvants sélectifs sont largement employés pour fractionner les huiles de pétrole en différentes séries de leurs constituants. Nous les avons utilisés pour fractionner les asphaltènes, constituants importants des brais et des produits asphaltiques.

On se sert d'un appareil à extraction chaude dit « Kumagava ». L'asphaltène est finement broyé et mélangé à du sable fin lavé au solvant. Les extractions successives sont effectuées par une série de fractions d'essence de gaz de Peyrouzet (Saint-Gaudens), de points d'ébullition et de tensions superficielles croissants ([2]). Pour les dernières extractions, on augmente la seconde caractéristique en ajoutant au solvant, préalablement débarrassé des carbures aromatiques, des quantités connues de benzène. Cette méthode permet d'épuiser assez rapidement l'asphaltène ; en outre, la fin de chaque extraction est marquée nettement par la décoloration du liquide de siphonnage. Après refroidissement,

([3]) Buu-Hoï et R. Royer, expériences en cours de publication.

([1]) Séance du 5 mai 1947.

([2]) Sachanen, *Chemical constituants of Petroleum*, 1945, p. 401.

une petite quantité d'asphaltènes dépose de la solution, ce qui indique pour ces corps des solubilités différentes à chaud et à froid.

Le tableau ci-dessous donne les résultats obtenus avec deux échantillons A et B d'asphaltènes précipités par l'éther de pétrole à partir d'un résidu provenant d'un pétrole brut de Moyen-Orient et du brai « Venezuela ».

Voici quelques remarques générales qui se dégagent de nos essais :

Solvant (Ébullition).	Rendement en poids (%).	Température de fusion (³) instantanée.	Poids moléculaire (³).	Composition (%).			
				C.	H.	S.	O + N.
Fractions d'asphaltène A.							
25°-50°	5,7	119°	–	–	–	–	–
65-68,5	16,0	136	–	81,3	7,8	8,9	2,0
68,5-75	9,8	144	540	81,0	8,0	8,6	2,4
68,5-85	4,9	187	–	–	–	–	–
85-90	2,4	209	–	–	–	–	–
95-99	3,3	233	–	–	–	–	–
68,5-85 + 25 % de C_6H_6	14,7	238	1120	–	–	–	–
68,5-85 + 40 % de C_6H_6	33	307	–	80,2	7,9	10,7	1,1
Résidu 1	2,5	378	–	–	–	–	–
Résidu 2	5,0	400	1690	–	–	–	–
Fractions d'asphaltène B. (Quelques fractions à titre d'exemple.)							
50-62,5	3,9	129	1020	–	–	–	–
68,5-75	11	194	1370	–	–	–	–
79-85 + 6 % de C_6H_6	6,2	276	1780	–	–	–	–
79-85 + 16 % de C_6H_6	10,5	332	2020	–	–	–	–
79-85 + 25 % de C_6H_6	12	405	2130	–	–	–	–
Résidu	21,4	–	2300	–	–	–	–

Les asphaltènes étudiés se présentent comme un mélange complexe de substances de poids moléculaires et de points de fusion très différents, d'autant plus élevés d'ailleurs que la fraction correspondante est moins soluble. Les asphaltènes de Moyen-Orient, à masses moléculaires égales, sont moins fusibles que ceux de Venezuela. L'aspect et la coloration de toutes les fractions obtenues se différencient aisément. Leur teinte n'est pas nécessairement noire comme on l'admet généralement, mais va du brun rouge presque clair au bleu noir foncé pour les dernières fractions.

Du fait que leur composition élémentaire ne varie pas sensiblement d'une fraction à l'autre, on peut déduire que ces corps appartiennent vraisemblablement à des séries voisines.

(³) Bestougeff et R. Darmois, *Comptes rendus du XX^e Congrès de Chimie industrielle*, Paris, 1946.

En chauffant les différentes fractions d'asphaltènes obtenues à 250° en couche mince dans un vide très poussé de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-5} mm de mercure, on constate que les premières fractions distillent partiellement sans décomposition (jusqu'à 40-50 %). Les dernières fractions ne donnent pratiquement pas de distillat, ce qui confirme le sens de variation des caractéristiques physiques notées dans le tableau.

Ces renseignements nouveaux fournis par les présents essais, en s'ajoutant à ceux déjà acquis, renforcent l'opinion ([4]) qui place les asphaltènes parmi les constituants hétérocycliques des brais et des pétroles, à la suite des hydrocarbures à poids moléculaires élevés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'ypérite sur les protides.* Note de M[lles] **Cécile Stora, Jeanne Brigando** et MM. **Otto Schartzkopf, Henri Genin**, présentée par M. Paul Pascal.

Des théories variées ont été proposées pour expliquer l'action vésicante de l'ypérite. Certaines d'entre elles envisagèrent une formation de HCl libre dans les cellules et d'autres une action chimique sur les *constituants cellulaires*. L'absence de preuves expérimentales ([1]) nous fit choisir les protides comme substances de départ.

En principe, la technique, qui consiste à ajouter de l'alcool absolu ypérité à la solution de protide, est basée sur les deux constatations suivantes : l'alcool ypérité, versé par petites quantités, se solubilise presque complètement dans la solution : versé globalement, en assez grande quantité, il se forme un lait (simple condensation de l'ypérite sur les micelles colloïdales) qui provoque aussi, par effet de surface, une solubilisation de l'ypérite manifestée par une libération massive de HCl susceptible d'amener le pH d'une solution très tamponnée de valeur 7 à la valeur 2. On a donc ajouté l'alcool ypérité tantôt goutte à goutte dans la solution de protide, préalablement additionnée d'un tampon de pH 6,8-7 (100^{cm^3} PO_4KH_2 N/5, 55^{cm^3} NaOH N/5), le pH étant contrôlé au cours de l'opération à l'aide d'une électrode de verre plongeant dans la solution (caséinate de sodium, ovalbumine, sérumalbumine de bœuf, globulinate de sodium, hémoglobine), tantôt en une seule fois dans la solution non tamponnée du protide, le pH étant suivi colorimétriquement (ovalbumine, sérumalbumine de cheval, gliadine, acide zymonucléique). Dans tous les cas le pH de la solution (généralement voisin de 7) est ramené à la neutralité par de la soude N/5 versée goutte à goutte, sous une vive agitation et la température est gardée voisine de 37-40° (sauf une série d'expériences

---

([4]) Bestougeff, *Comptes rendus du XX[e] Congrès de Chimie Industrielle*, Paris, 1946.

([1]) Ce travail a fait l'objet du rapport du 27 avril 1940 au Laboratoire Central des Poudres. Il sera publié et discuté en détail au *Bulletin de la Société Chimique*.

à la température ordinaire sur la caséine). La durée des opérations est toujours de quelques heures. Par des techniques particulières dont il est impossible de donner ici des détails, les produits finaux ont été isolés. Ils ont toujours été l'objet de lavages prolongés à l'alcool absolu et à l'éther anhydre, afin d'éliminer toute trace d'ypérite, même retenue par adsorption, (durée d'un lavage : 8 jours). De tels lavages peuvent entraîner une dénaturation partielle de certains produits finaux.

Les résultats analytiques, exprimés en % sur les produits anhydres, sont les suivants :

		S (%).	Cl (%).	Cl fixé / S fixé.	N (%).	C (%).	H (%).	Cendres (%).
Gliadine	Témoin.......	0,91	0,465	–	17,32	50,7	7,73	0
	Ypéritée	2,155	1,95	1,19	15,7	50,5	7,6	1,13
Ovalbumine	Témoin	1,32	0,89	–	14,3	49,3	8,2	0,505
	Ypéritée	5,85	4,67	0,83	11,78	48	7,32	0,323
Sérumalbumine de cheval	Témoin	1,42	0	–	–	–	–	0,486
	Ypéritée	4,8	2,53	0,75	–	–	–	0
Sérumalbumine de bœuf	Témoin	0,99	–	–	13,84	–	–	0
	Ypéritée	3,55	1,93	0,75	13,30	–	–	0,99
Sérumglobuline de bœuf	Témoin	1,16	–	–	14,80	–	–	0,6
	Ypéritée	6	3,2	0,7	12,40	–	–	0,68
Caséine	Témoin	0,64	0	–	14,1	51	8,25	0,22
	Y. t = 40°....	2,75	2,25	1,07	12	46,6	11	0,97
		4,45	3,20	0,84	12,1	–	–	0,76
	Y. t = 15°....	1,43	0,96	1,2	13,3	–	–	0
Oxyhémoglobine	Témoin	0,42	–	–	16,5	–	–	0,74
	Ypéritée	4,62	2,98	0,71	13,5	–	–	0
Acide zymonucléique	Témoin	0	–	–	–	–	–	–
	Ypérité	4,77	0,6	–	–	–	–	27,3

Il résulte de la discussion que tous les protides fixent *chimiquement* l'ypérite, indépendamment du mode opératoire.

1. Le nouveau produit formé est beaucoup plus riche en soufre et en chlore que le produit initial. Le plus souvent c'est un composé très peu soluble dans l'eau, les acides et alcalis dilués, les solvants organiques usuels. Certains, cependant, sont très solubles (acide zymonucléique, gliadine ypéritée respectivement dans l'eau distillée et l'alcool à 70 %).

2. Le rapport Cl fixé/S fixé demeure voisin de 1, sauf pour l'acide zymonucléique où il est voisin de 0. La valeur proche de 1 permet d'envisager une fixation de l'ypérite en chaîne ouverte $[R-(CH_2)_2-S-(CH_2)_2-Cl]$.

La valeur proche de 0 suggérerait, par contre, une réaction en chaîne fermée $[R(CH_2)_2-S-(CH_2)_2-R']$. Les deux modes de fixation de l'ypérite seraient possibles simultanément, ce qui expliquerait les rapports inférieurs à 1.

3. L'accroissement considérable du S % paraîtrait s'expliquer par une fixation de l'ypérite sur les azotes basiques de la lysine, l'arginine, l'histidine, déjà responsables de la fixation de l'iodure de méthyle, du diazométhane et du cétène sur les protides. Mais d'autres groupements chimiques peuvent intervenir, comme les OH ou les SH, dont on sait qu'ils fixent aussi le cétène. Ainsi, Bacq ([2]) et ses élèves démontrèrent que l'ypérite se fixe sur le groupe SH des protéines dénaturées ou non. Mais la seule fixation sur les groupes SH serait loin de rendre compte de nos résultats.

Ces expériences, établissant et l'action chimique de l'ypérite sur les protides et la très rapide variation du pH du milieu même très tamponné, il paraît logique de penser que ces deux processus interviennent successivement ou simultanément dans le phénomène de vésication.

GÉOLOGIE. — *Sur les Algues calcaires découvertes dans le Sud-Est de la cuvette centrale du Congo Belge.* Note de M. **P. Schnock**.

Au cours de plusieurs missions, géologiques et autres, s'échelonnant de 1943 à 1946, j'ai pu faire l'étude approfondie de la bordure Sud-Est de la cuvette du Congo sur une longueur de 200^{km} et sur une largeur d'environ 70^{km}. Cette région est particulièrement riche en calcaires construits, vrais amas d'Algues, pouvant dépasser 80^{m} en épaisseur et s'étendre sans discontinuité sur plus de 15^{km}. Ces amas se groupent sur une bande qui longe à distance variable une zone granitique élevée d'orientation Nord-Ouest-Sud-Est. Ils y forment des récifs noyés dans des formations sédimentaires avec lesquelles ils s'engrènent latéralement et qui, finalement, les recouvrent. Parmi les boues d'envasement, on reconnaît, tantôt des calcaires, souvent sableux ou argileux, à grain fin, bréchoïdes ou conglomératiques, principalement formés d'éléments empruntés aux récifs, tantôt des schistes, tantôt des grès dont les matériaux paraissent provenir de la zone granitique. Grès et schistes dominent du côté de cette dernière. L'ensemble est horizontal et ne montre pas trace d'une tectonique de plissement. Il ne m'a pas été possible de décider si les récifs reposent sur le socle ancien ou sur les mêmes schistes et grès qui les bordent au Sud-Ouest.

Jusqu'à présent, il était d'usage de distinguer dans cette région deux séries schisto-gréseuses : l'une inférieure, dite de la Bushimaie, et l'autre plus récente que les calcaires, dite du Lualaba-Lubilash. Or, en beaucoup d'endroits, la continuité de la masse des schistes et des grès est manifeste, tandis que les récifs montent jusqu'à une cote très élevée, notamment sur la crête de partage Lubilash-Bushimaie.

Les récifs d'Algues se présentent extérieurement avec les mêmes allures que

---

([2]) *Acta Biol. belg.*, n° 4, 1942, pp. 430-432; Z. M. Bacq et P. Fischer, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **28**, n^{os} 4-6, 1946, p. 234.

les récifs coralliens. Ils sont entrecoupés de surfaces d'érosion et entrelardés de calcaires argileux, subhorizontaux, parfois à *ripple-marks*. Leur croissance a donc été interrompue à de multiples reprises par des périodes d'envasement ou par des périodes d'exondation. Des boues calcaires se sont en outre déposées sur leurs flancs en les moulant.

Les Algues qui forment la plus grande partie des récifs et, en particulier, leur noyau, sont des corps columnaires, généralement simples et à axe rectiligne, parfois aussi polyfurqués, divergeant en tous sens. Elles sont composées de couches ou lames emboîtées coniques, paraboliques ou hémisphériques. Elles se rangent donc parmi les formes décrites par Maslov, Walcott et, plus récemment, par certains géologues congolais sous les noms de *Collenia* ou de *Conophyton*. Certains spécimens en sont toutefois de taille autrement grande que ceux qui ont été décrits par ces auteurs et peuvent être qualifiés de gigantesques; ils atteignent jusqu'à 2^m en diamètre et 4^m en hauteur. Les thalles sont presque jointifs ou, au contraire, séparés par de larges intervalles remplis de matières calcaires, sableuses ou argileuses. L'une ou l'autre lame passe d'un thalle à l'autre, établissant une certaine continuité lorsque l'espacement n'est pas trop grand. Certaines formes, enfin, se présentent comme de simples protubérances, régulières ou contournées, dont les lames sont communes et passent au travers des intervalles.

Dans un même récif, à un même niveau ou à des niveaux différents, on voit fréquemment une même algue se modifier *progressivement*, vraisemblablement sous l'influence prédominante des conditions de pureté de l'eau : de circulaires, les thalles deviennent elliptiques, irrégulièrement oblongs, puis prennent des formes contournées. Ils présentent aussi des variations considérables en longueur, en diamètre et dans l'allure de leurs axes.

Bref, les déterminations spécifiques basées sur des descriptions morphologiques me paraissent sujettes à caution et, à elles seules, ne permettent même pas d'établir une distinction entre *Collenia* et *Conophyton*.

Outre les précédentes, les récifs renferment également une profusion d'autres formes. On y distingue, en particulier, une sorte de mucus s'étendant sur les boues de sédimentation ou se rassemblant en amas de 4 à 5^{cm}, exceptionnellement 20^{cm} de diamètre; d'autres fois, ce sont des filaments noirâtres de moins de 1^{mm} de diamètre, ou bien des tiges blanchâtres de 1^{cm} de diamètre, anastomosées, dispersées dans la masse ou formant un réseau, couché à plat, de grandes mailles. Ces nouvelles formes s'étendent en lits séparés par des joints horizontaux réguliers. Elles paraissent s'être principalement développées en période d'envasement; elles dominent vers le haut des récifs sans y être aucunement confinées.

Les calcaires enveloppant les récifs contiennent, étalés suivant les plans de sédimentation, des cylindres elliptiques anastomosés formés de couches concentriques, dont le grand diamètre peut atteindre 40^{cm}. La périphérie en

est généralement silicifiée. Ces corps m'ont paru d'origine organique.

L'absence, tant dans les récifs que dans les formations encaissantes, de fossiles animaux ou végétaux caractéristiques rend provisoirement aléatoire toute détermination de l'âge de ces formations. Aucun recouvrement stratigraphiquement bien daté ne permet de leur assigner une limite supérieure. Comme, d'autre part, les déterminations génériques ou spécifiques me semblent sujettes à caution et que rien ne prouve que l'extension verticale de ces végétaux soit étroitement limitée, je considère que l'utilisation stratigraphique de ces fossiles est peu sûre.

HYDROLOGIE. — *La phase de la composante annuelle dans le bassin du Rhône.* Note de M. **Vladimir Frolow**.

Les données utilisées pour l'étude résumée ici se trouvent dans le relevé édité par l'*Institut des Études rhodaniennes* et dans les *Annuaires hydrologiques de France*. Les données des *Études* vont de 1923 à 1927; les *Annuaires* les contiennent depuis 1939. La phase de la composante annuelle est déduite des calculs par la méthode de M. H. Labrouste [combinaison multiple $S_1 S_2 Z_2 Z_3 (s_1)_{12/2}$]. Elle est figurée sur la carte en centièmes de la période. Pour une même station les résultats tirés de chacune des publications peuvent présenter une légère différence. Heureusement les stations des *Études* et des *Annuaires* ont une localisation dans deux régions différentes et permettent ainsi de faire ressortir les caractéristiques générales de la répartition de la phase composante annuelle.

On peut, en effet, évaluer l'*influence du relief*, les plaines ayant une phase plus précoce que la montagne. Ainsi, la haute Saône est en avance de 200 jours environ (0,52 de l'année) sur le haut Rhône et de 3 semaines environ sur le haut Doubs. La Drôme est en avance de près de 160 jours sur la haute Durance. Ceci donne de 2 à 3 jours de retard par 100^m d'altitude. Ce même taux ressort en comparant la Venoge et la Lonza, par exemple, où le retard est de 150 jours environ pour près de 700^m de différence d'altitude.

En ce qui concerne *la latitude*, on constate la décroissance de la phase vers le Nord, le Verdon : 5, l'Ubaye : 90, le Guil : 85, la Durance : 83, la Romanche : 75, le Doron de Bozel : 73. Compte tenu de la position des échelles des cours d'eau, on peut évaluer l'influence de la latitude entre le massif du Pelvoux et la côte méditerranénne à 50 jours pour un degré de latitude. Cette même influence égalise la phase le long de la haute Saône en contre-balançant l'apport retardataire du Doubs et de la Seille.

Le régime de la composante annuelle n'est pas unique le long du Rhône. Elle se manifeste en aval d'abord (anaplymirisme) des sources à Lyon, ainsi qu'entre Avignon et la mer. Ce fait doit dépendre de l'altitude pour le premier

tronçon, et pour le deuxième de l'interférence avec le niveau moyen de la Méditerranée qui a son maximum en novembre-décembre. Entre Lyon et le

Pouzin la phase de la composante annuelle décroît vers l'aval (kataplymirisme), ce qui est encore accentué par l'apport retardataire de l'Isère.

Un certain nombre de stations du bassin du Rhône (soulignées sur la carte) donnent seules les niveaux; on peut néanmoins évaluer le rapport des amplitudes de leurs composantes des débits connaissant les différences de phase communes aux niveaux et aux débits. Alors, b étant la différence de phase aux stations du cours d'eau principal et c la même différence aux stations en amont du confluent, le rapport des amplitudes affluent/rivière amont est égal à $\sin b/\sin(c-b)$. On calcule ainsi les rapports suivants : Ain/Rhône — 0,40; Saône/Rhône — 1,10; Isère/Rhône — 0,25. Ces valeurs donnent un ordre de grandeur valable pour les années utilisées.

Enfin, pour les échelles : Gavet, Avignonnet et Beaumont-Monteux, les *Annuaires* donnent les valeurs observées et corrigées pour *l'effet de retenues*. La phase de la composante annuelle s'en trouve légèrement retardée. Ce retard est variable suivant l'année; il serait en moyenne de 3 jours pour Gavet, de 4 pour Avignonnet et de 6 pour Beaumont-Monteux. La régularisation du débit est donc peu sensible.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la loi de répartition des diamètres de gouttelettes dans les nuages.* Note (¹) de MM. **Edmond Brun** et **Lucien Demon**, présentée par M. Henri Villat.

Par deux méthodes différentes et qui se contrôlent mutuellement, il a été possible de tracer la courbe donnant la répartition des diamètres des gouttelettes dans les nuages du Mont Lachat (Haute Savoie).

Dans certains cas et pour des mesures effectuées en février 1947, la courbe classique en forme de cloche a été retrouvée, avec un maximum correspondant à des gouttes de 10 microns de diamètre environ. Au contraire, des mesures effectuées en août 1946 avaient conduit à une courbe de répartition à allure hyperbolique, le nombre de gouttelettes augmentant quand le diamètre diminue, et cela jusqu'à la limite d'observation (diamètre d'un micron environ). Il est possible que, dans ce dernier cas, l'évolution se poursuive de la même manière jusqu'aux diamètres des noyaux de condensation, aucune lacune n'existant entre les dimensions de ces noyaux et celles de gouttelettes.

Ces résultats nous amènent à penser qu'une étude systématique de la constitution des nuages pourrait faire apparaître des lois d'évolution liées, sans doute, à l'origine des nuages.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de la répartition de la lumière au cours du cycle nycthéméral de 24 heures sur la réaction photopériodique des plantes.* Note de Mme **Antoinette Taravet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La réaction photopériodique des plantes a été l'occasion d'analyser les causes de la formation des fleurs. La production d'hormones, spécifiques ou

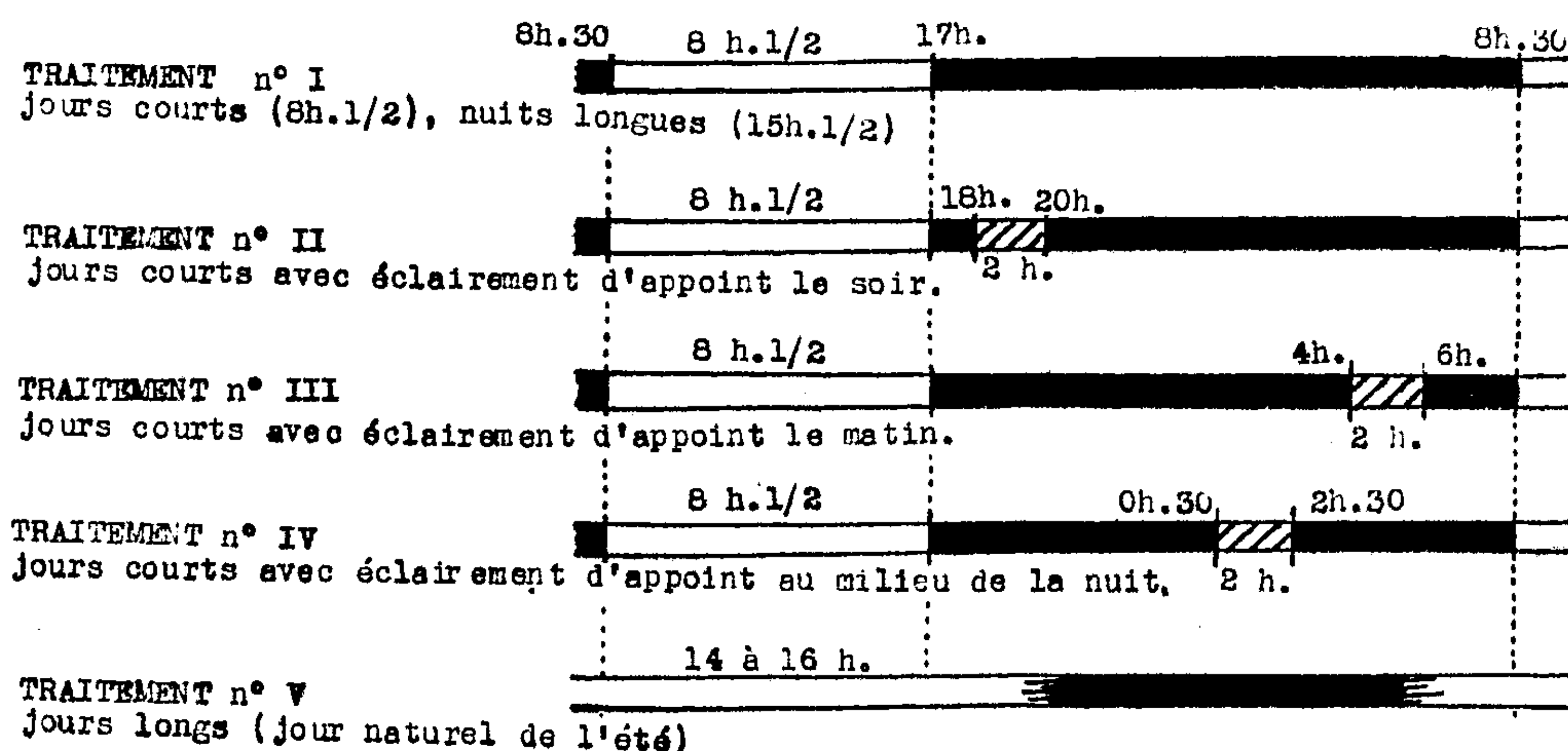
---

(¹) Séance du 5 mai 1947.

non de la floraison, a été souvent invoquée. Leur action a été interprétée dans le cadre des processus généraux d'assimilation et de désassimilation, ou en rapport avec les rythmes internes de la plante. Ces diverses théories ont été exprimées principalement par Chajlahjan (1936), Hamner et Bonner (1938), Cholodnij (1939), Bunning (1942), Melchers (1943), Chouard (1944), Hamner (1944) (1).

Les hormones elles-mêmes ne sont pas seules en cause. Cholodnij (1939), Hamner et Bonner (1938) ont donné des indications tendant à montrer l'importance de toute l'endocrinologie de la plante, et, dans cette perspective, la structure du protoplasme, toujours si intimement liée aux processus physiologiques, doit être considérée avec soin.

Insertion de la lumière (2h) pendant les différentes périodes de 24 heures.
(La lumière naturelle = 8h 30m.)



(en blanc, éclairement naturel au soleil ;
- en hachures, éclairement d'appoint par lampe à incandescence :environ 500 lux.)

Le but de nos recherches est d'analyser ces facteurs de structure physique et chimique du protoplasme, les changements de ses activités enzymatiques, en comparant les structures et les activités observées sous différentes conditions de rythmes d'éclairement et d'obscurité qui produisent, bien que différentes, les mêmes effets aboutissant à la floraison ou à la non-floraison. Encore fallait-il parvenir à des *dispositifs expérimentaux* qui conduisent à un tel

(1) Hamner et Bonner, *Bot. Gaz.*, **100**, 1938, p. 2; Hamner, *Bot. Gaz.*, **101**, 1940, p. 3, and *Cold Spring Harbor Symposia on quant. Biol.*, **10**, 1942; *Ann. Rev. of Biochim.*, **13**, 1944, p. 575; Cholodnij, *Les phytohormones*, 1939; Chajlahjan, *C. R. Ac. des Sc. U. R. S. S.*, 1936, **111** (XII), 9 (104); Bunning, *Ztchr. Bot.*, **37**, 1942, p. 433; Melchers, *Planta*, **33**, 1943, p. 33, 653; Harder et Bode, *Planta*. **33**, 1943, p. 4; Chouard, *Rev. des Agric. de France*, 1944 (février, mars, mai, juin, juillet); Parker, Hendricks, Borthwick et Scully, *Science*, **102**, 1945.

résultat. C'est ce que je me propose de décrire dans cette première Note.

Diverses plantes, *de jour long* (*Hyoscyamus albus*, Épinard) et *de jours courts* (*Perilla ocymoides*) ont été soumises, à l'annexe de Colombes du Laboratoire d'Agriculture du Conservatoire national des Arts et Métiers, aux cycles d'éclairement et d'obscurité définis dans le graphique ci-dessus.

Voici, en résumé, le résultat d'une telle expérience :

État de la végétation au moment de la mise à fruit du lot le plus avancé.

Traitement. Espèce...	*Perilla.*	Épinard.	*Hyoscyamus albus.*
I............	Nain; en fruits compl[t] mûrs	En rosettes; non fleuri	En rosettes, non fleuri
II............	Petit; en fruits à calices bruns, nucules mi-vertes	Courtes tiges; non fleuri	Pour moitié en rosettes, le reste à courtes tiges; non fleuri
III............	Petit; en fruits à calices verts, nucules blanches	Grandes tiges en bouton	Les 3/4 en courtes tiges non fleuries
IV............	Grand; en fleurs	Très grandes tiges en fleurs	En tiges assez courtes; apparition des premières fleurs
V............	Très grand, pas de fleurs ni de boutons	Très grandes tiges en fruits	Pleine floraison

On observe donc, d'abord, l'action inhibante de la lumière donnée au milieu de la nuit (traitement n° IV) pour la floraison des plantes de jours courts, phénomène déjà observé par Hamner et Bonner (1938-1940), Harder et Bode (1943) et mis à profit par Parker, etc. (1945) (¹) dans leurs récentes expériences sur l'énergétique de la réaction photopériodique. Mais aussi, à l'inverse, les plantes de jours longs voient leur floraison hâtée par cette coupure de la nuit longue en son milieu, comme si elles étaient en journée longue (traitement n° V). Quant aux éclairements du matin (traitement n° III) ou du soir (traitement n° II), ils agissent dans le même sens, mais à un degré plus faible.

L'existence d'une telle série de réactions, tant chez les plantes de jours courts que de jours longs, permettra de pousser plus loin l'analyse comparative que nous avons entreprise, des faits de structure physicochimique du protoplasme en rapport avec le photopériodisme.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la cytologie de la gonidie bleue.*

Note de M. **Raymond Dughi**, présentée par M. Roger Heim.

Lothar Geitler (¹), à l'aide de vingt et une formes de Phycolichens ou de céphalodies, a pu confirmer d'anciennes remarques de Zacharias sur les *Nostocs*

(¹) *Arch. f. Protistenk.*, 80, Heft 3, 1933, pp. 378-409.

gonidiaux : les Cyanophycées engagées dans la symbiose lichénique se distinguent des Cyanophycées libres par la faible teneur du chromoplasme de leurs cellules en grains de cyanophycine; ces derniers sont d'autant moins abondants que la liaison entre le Champignon lichénique et la gonidie se montre plus étroite (présence d'haustoria, prépondérance de l'élément fongique); dans certains groupes (Pyrénopsidacées), ils s'effacent même complètement. Malgré la nature protidique de la cyanophitine, Geitler en rapproche la disparition de celle des réserves des gonidies vertes (amylosphère des pyrénoïdes, réserves lipidiques), car elle aussi se développerait dans la mesure où la photosynthèse l'emporte sur l'assimilation inorganique. Pour expliquer que la vie symbiotique s'oppose à la formation de réserves, on pourrait envisager l'influence éventuelle d'une élévation de la fréquence des divisions cellulaires de la gonidie ou, d'une manière plus générale et plus probable, l'absorption par le Champignon des produits de l'activité synthétique.

Après un travail sur la structure cytologique des Cyanophycées ([2]), nous avons nous-même consacré des recherches spéciales à toutes les inclusions cellulaires des divers genres de gonidies bleues. Nos résultats intéressent les familles de Phycolichens d'Europe, quelques genres exotiques et les céphalodies des *Peltidea, Solorina, Ricasolia* et *Sticta*; ils ont donc une portée générale.

Les vacuoles artificielles que les colorants vitaux font naître et évoluer dans les cellules des Cyanophycées libres se retrouvent sans changement dans les gonidies bleues; elles ne sont pas modifiées par la vie symbiotique, non plus que les *granulations orthochromatiques*, qui sont de simples fragments du corps central.

L'observation sur le vivant, comme les colorations par notre procédé au bleu lactique, confirment entièrement les faits mis en évidence par Geitler pour les grains de cyanophycine. Nous remarquerons cependant que cette substance, qui tend à diminuer chez les Cyanophycées libres, quand s'élève le rythme de division cellulaire, est constamment en faible quantité dans les gonidies, bien que le rythme de division de celles-ci soit généralement bas. Le chromoplasme des gonidies à divisions rapides (gonidies-Chroococcacées) est vide de tout cristalloïde protéique.

Les corpuscules métachromatiques des Cyanophycées libres, toujours en rapport avec le corps central, sont surtout développés dans les cellules douées d'une haute capacité de division et de croissance (hormogonies, *méristèmes*); ils diminuent lors des divisions et atteignent des dimensions monstrueuses quand la croissance de ces cellules vient à être suspendue. Chez les gonidies bleues, au contraire, la quantité de métachromatine est constamment minime, si bien qu'il est nécessaire d'user de procédés spéciaux pour la révéler, notamment de la

([2]) *Rev. gén. de Bot.*, 53, 1946, pp. 412-450.

réaction I de Meyer; il est exceptionnel d'y observer des corpuscules dépassant largement le seuil de la visibilité microscopique (très jeunes gonidies). Libérées même partiellement du Champignon, les gonidies encore vivantes reforment des corpuscules métachromatiques visibles sans préparation.

En revanche, il se produit un enrichissement corrélatif en métachromatine du système vacuolaire du Champignon lichénique, comme nous l'avons déjà indiqué ([3]). D'une manière plus précise, si l'on s'adresse, soit à des espèces où les gonidies sont atteintes par des haustoria (*Lempholemma*, Pyrénopsidacées), soit à des représentants de genres hétéromères (Peltigéracées, Pannariacées, Stictacées), on constate que les vacuoles des hyphes en contact direct ou proche avec la gonidie sont aussi les plus riches en métachromatine et, souvent, les seules de toutes les vacuoles fongiques dans lesquelles les réactifs fassent apparaître des précipités abondants de cette substance. Des faits semblables s'observent d'ailleurs chez tous les Archilichens que nous avons étudiés : les corpuscules métachromatiques du Champignon se localisent en presque totalité dans les hyphes de la couche gonidiale et surabondent dans les ramifications en contact direct avec la gonidie. Partout, au point de vue qui nous occupe, les rapports sont comparables, à la stabilité près, à ceux des spores et de l'épiplasme dans l'asque des Ascomycètes.

En résumé, un des aspects *constants* de la physiologie des Champignons lichéniques consiste dans la nécessité où ils sont d'emprunter à leurs cosymbiotes, en dehors des glucides, tout ou partie de leurs acides ribonucléiques ou des produits de dépolymérisation correspondants, c'est-à-dire des corps que les travaux récents présentent comme des agents de premier ordre dans la protéosynthèse. Ainsi s'expliqueraient, d'une part la disparition de la cyanophicine, qui est un produit figuré de la protéosynthèse, et, d'autre part, ce « concours précieux » et spécifique que la gonidie apporte au Champignon lichénique, lequel, comme l'ont montré les beaux travaux de culture de R.-G. Werner, n'est pas un parasite strict, mais ne saurait pour autant prospérer dans la nature hors de la vie symbiotique.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de la colchicine et de quelques substances réputées toxiques sur la cellule vivante.* Note ([1]) de MM. **Roger Buvat** et **Herbert Tuchmann-Duplessis**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Des observations sur la cellule animale avaient montré à l'un de nous que la colchicine provoquait, en plus des altérations bien connues sur le noyau de la cellule en division, des modifications cytoplasmiques non négligeables. Ces modifications soulèvent le problème du mode d'action de la colchicine sur la

([3]) *Bull. Soc. bot. de Fr.*, **91**, 1944, pp. 53-57.

([1]) Séance du 5 mai 1947.

cellule au repos et en division. La technique de survie prolongée de cellules végétales récemment décrite par l'un de nous ([2]) nous a permis de comparer directement les effets de la colchicine et d'autres substances réputées toxiques. Le tableau ci-dessous résume nos observations :

Substances (solutions aqueuses).	Chondriome.	Cytoplasme. Aspect.	Cytoplasme. Cyclose.	Durée d'application.	Survie après remontage dans l'eau.
Eau distillée.	Hypertrophie et granulisation passagères	Pas d'altérations	Activation passagère	Plusieurs jours	Jusqu'à deux semaines.
Colchicine à 10^{-3} ou à 10^{-2}	»	»	»	»	Ne paraît nullement modifiée
Cyanure de potassium à 10^{-3}	Pas d'altérations	»	Arrêt progressif	3 heures	Non modifiée
Phényluréthane à saturation	»	»	Arrêt en quelques sec.	1 à 2 heures	Non modifiée
Chloroforme au 1/4 de saturation	»	»	Ralentie	Indéterminée	»
Chloroforme à 1/2 saturation	Léger gonflement après 1 heure	Mouvements browniens peu intenses	Arrêt progressif	1 heure	Rétablissement de la vie normale
Benzène à 1/2 saturation	Hypertrophie puis vésiculation	»	Arrêt en quelques sec.	1 h. 30 mn.	Non sensiblement modifiée
Acide acétique à 10^{-3}	Pas d'altération sensible	Mouvements browniens intenses	Arrêt presque immédiat	Moins de 5 minutes	Réparation complète en apparence
Acide acétique à 10^{-4}	Très léger gonflement	»	Arrêt progressif	30 à 40 minutes	Plusieurs jours
Morphine à 10^{-2}	Hypertrophie et vésiculisation	»	»	3 heures et plus	Non observée
Chloroforme saturé	Hypertrophie et destruction probable	Devient spumeux	Arrêt immédiat	Quelques secondes	Pas de survie
Acide acétique à 10^{-2}	Hypertrophie	Mouvements browniens devient spumeux	Arrêt presque immédiat	Plus de 5 minutes	»
Benzène saturé	»	Devient spumeux	Arrêt immédiat	Quelques minutes	»
Sulfate de cuivre à 10^{-3}	Hypertrophie et vésiculisation	Devient spumeux à la longue	Arrêt au bout d'une heure env.	1 à 3 heures	Mort fatale dans l'heure suivant le lavage
Formol à 10^{-3}	Pas d'altération	Reste limpide	Arrêt presque immédiat	Quelques minutes	Mort rapide

([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 359-361.

La colchicine s'oppose à toutes les autres substances par son absence de toxicité, toutefois elle altère passagèrement, au début, les chondriosomes. Ses effets sont semblables à ceux de l'eau distillée sur une cellule *non accoutumée* à l'immersion dans l'eau. La colchicine trouble donc l'équilibre primitivement réalisé entre les phases cellulaires; elle provoque une apparition d'eau libre dans le cytoplasme et celle-ci hypertrophie légèrement les chondriosomes. Mais l'équilibre intracellulaire se rétablit peu après : les cellules *s'accoutument* à la solution de colchicine, comme elles s'étaient accoutumées à l'eau distillée.

Avec les autres substances essayées, les cellules ne s'accoutument pas, mais en les éliminant assez tôt, on obtient, après l'action de certaines solutions, le retour à l'état normal.

Parmi ces substances, certaines se comportent, à dose convenable, comme des anesthésiques; elles suspendent la cyclose sans altérer autrement la cellule (chloroforme, KCN). Ces substances ne se fixent pas dans la cellule et sont faciles à éliminer.

Au contraire, d'autres toxiques déterminent des altérations rapidement irréversibles : ils se combinent à la matière vivante et ne sont plus éliminables (ions Cu^{++}), ou détruisent sa structure physique.

Le formol, même à la dilution de 10^{-3}, est celui des toxiques essayés qui tue les cellules en produisant le moins d'altérations.

Dans tous les cas d'altération, la cellule irritée réagit toujours de même, et cette réaction est semblable à celle que provoque l'eau pure sur une cellule qui n'y est pas accoutumée. Il semble donc que les toxiques agissent, au moins au début, en faisant apparaître de l'eau libre dans le cytoplasme. Cette eau peut provenir du milieu extérieur ou des colloïdes cellulaires eux-mêmes, elle imbibe les chondriosomes et les plastes qui s'hypertrophient et se vésiculisent. Ces faits relient nos résultats antérieurs ([3]) aux phénomènes classiques de cavulation qui ressortissent probablement aux mêmes processus physico-chimiques.

TÉRATOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude anatomo-histologique de l'Énation, syndrome tératologique héréditaire présenté par une lignée de* Nicotiana tabacum L. Note de MM. **Jean Louis Cuzin, Alexandre Fardy** et **Daniel Schwartz**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Ce syndrome tératologique, commun à plusieurs lignées de *Nicotiana tabacum* L, est essentiellement défini par l'apparition, à la face dorsale des feuilles, d'extrusions d'aspect foliacé, allongées en général selon la direction du rachis, exceptionnellement localisées au limbe avec ou sans rapport avec la nervation secondaire; leur ampleur est variable, allant du simple épaissis-

([3]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 570 et 1187; **223**, 1946, p. 1017; **224**, 1947, pp. 359 et 668.

sement parenchymateux à la manifestation d'une lame foliacée adventice. Elles sont conformes à la description classique (Wordsell et al.) et peuvent être corrélatives de malformations générales du système foliaire (enroulement), d'une élongation atypique des entre-nœuds donnant à la plante entière un port exceptionnellement érigé, et de monstruosités florales intéressant tous les verticilles à des degrés divers (duplications, catacorolles, laciniations). La lignée étudiée ici, dite *Nicotiana tabac. Enation* 701, issue d'un croisement intervariétal Java Isère × Cabot, présente ce syndrome tératologique à titre héréditaire, essentiellement réduit à ses manifestations foliaires ([1]). Nous rapportons ici l'essentiel des observations anatomo-histologiques propres à éclairer l'ontogénèse de l'énation ainsi définie.

En coupe transversale, les protrusions au niveau du rachis présentent une structure de type foliaire, dont la dorsiventralité est opposée à celle de la feuille-mère : on y trouve extérieurement une ou deux assises de tissu palissadique, intérieurement un parenchyme lacuneux traversé de cordons vasculaires qui ne convergent pas avec la vascularisation typique. La structure de ces cordons varie avec leur localisation : dans la région profonde, ils présentent une structure centrique : bois axial entouré d'une couronne méristématique à la périphérie de laquelle on rencontre quelques îlots libériens; en se rapprochant de la région basilaire de l'extrusion, les cordons vasculaires tendent à adopter une disposition superposée avec bois orienté vers le tissu palissadique atypique; entre ces deux extrêmes, on rencontre, au sein du tissu lacuneux, des structures intermédiaires. Les coupes longitudinales mettent en évidence la continuité de l'ensemble vasculaire d'une protrusion. On notera que les régions apicale et basale du rachis ne manifestent jamais d'énation.

Au niveau du limbe, le développement des extrusions est moindre : leur structure anatomique reste celle d'un élément foliaire ectopique en position dorsale inverse; au contraire de ce que l'on observe au niveau du rachis, il y a en règle générale convergence des cordons vasculaires propres de l'extrusion avec les nervures secondaires typiques.

Dans les conditions habituelles de nos semis, les plantules de la lignée Énation 701 ne manifestent en général pas de symptôme tératologique jusqu'à l'étalement de la 8e feuille environ ([2]). Passé ce stade, les coupes transversales de l'apex montrent au niveau des ébauches foliaires les premiers symptômes :

([1]) Lignée obtenue, isolée et suivie génétiquement par M. Gisquet, Directeur de l'Institut Expérimental des Tabacs de Bergerac.

([2]) La culture en climat artificiel (jour et nuit égaux de 12 heures, intensité lumineuse constante de 3000 Lux environ, composition spectrale de la lumière voisine de celle du jour solaire de plaine, température moyenne 28°C. ± 3, culture sur compost naturel), nous a permis d'élever des pieds d'Énation jusqu'au stade d'une vingtaine de feuilles sans symptôme foliaire apparent. Nous mettons ainsi en évidence un groupe de facteurs contrôlant la manifestation d'un caractère génotypique. Leur étude est actuellement en cours.

alors que, chez un *tabacum* normal, la pyramide initiale de la feuille est le siège d'un processus de parenchymatisation dorso-ventrale qui intéresse toutes les couches cellulaires à partir de l'épiderme, on constate ici la persistance à l'état méristématique de quelques cellules sous-épidermiques à la face dorsale de la région rachidienne. Au fur et à mesure du développement de l'ébauche, ces cellules apparaissent de plus en plus nombreuses et finissent par tapisser entièrement la région sous-épidermique de 3 ou 4 assises de tissu à caractères embryonnaires. On est conduit ainsi à interpréter ce tissu atypique comme la persistance dans un ensemble parenchymatisé d'un tissu qui n'a pas suivi le rythme général de différenciation, tout en conservant son rythme de division : en effet, tandis que le limbe de la feuille normale de même développement garde en épaisseur un nombre constant de 7 assises cellulaires par suite de l'absence totale de divisions périclinales, la feuille de la lignée Énation 701 est, au contraire, le siège d'une activité mitotique dans le sens périclinal au niveau sous-épidermique-dorsal, qui peut porter le nombre des assises cellulaires du limbe à 10 ou 12. La croissance générale de la feuille disjoint par la suite ce tissu méristématique attardé en îlots ou cordons, origine des extrusions tératologiques caractéristiques de la lignée.

L'interprétation de la manifestation tératologique Énation est ainsi ramenée au cas général des néoplasies embryonnaires, si l'on se borne à l'étude de son ontogénèse individuelle. Ces néoplasies ont ici le caractère très particulier d'être liées à une structure génétique. Les recherches en cours portent sur l'analyse causale de ce phénomène en relation, d'une part, avec son interprétation génétique et, d'autre part, avec le syndrome pathologique décrit dans la littérature des Viroses sous le même titre d'Énation.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de pinitol dans les feuilles d'Erythrophleum guineense* (G. Don). Note de MM. **Charles Sannié** et **Jean Dussy**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les *Erythrophleum* sont des arbres africains de la famille des Légumineuses, connus, sous le nom vernaculaire de Tali, pour les propriétés toxiques de leur écorce.

Les feuilles de l'espèce *Erythrophleum Guineense* (G. Don) présentent, quand on les mâche, une saveur sucrée rappelant celle de la réglisse, un peu amère. Mais cette propriété ne se retrouve pas chez tous les individus de cette espèce : il y a des Tali à feuilles très sucrées et d'autres à feuilles à peu près insipides. (Fait signalé par M. le Professeur Auguste Chevalier.)

Nos essais ont d'abord porté sur un échantillon de feuilles très sucrées provenant de Casamance. Ils ont abouti à l'isolement de deux principes de saveur sucrée, l'un cristallisé identifié au pinitol (ester monométhylique du *d*-inositol), l'autre amorphe, dont la nature chimique n'a pas pu être déterminée.

Les feuilles (1^{kg}) sont traitées par l'alcool à 70° à l'ébullition. L'extrait alcoolique évaporé à sec est repris par 150^{cm^3} d'eau distillée, puis agité avec de l'éther pour éliminer toute trace de chlorophylle. La solution aqueuse privée d'éther est additionnée de 2 litres d'acétone; il se sépare un précipité insipide que l'on rejette. La solution hydroacétonique, très sucrée, est concentrée à consistance de sirop épais, auquel on ajoute 1,5 litre d'acétate d'éthyle. On isole par décantation un extrait visqueux A faiblement sucré et une solution B fortement sucrée.

L'extrait A est concentré à sec, repris à chaud par le méthanol à 99°,5. Il laisse déposer, au bout de quelques jours, avec un rendement de 3 °/₀₀, des cristaux incolores, très sucrés, fondant à 189-190° au bloc Maquenne, que l'on recristallise dans le méthanol pur, puis dans l'alcool absolu additionné d'éther. Ce corps a été identifié au pinitol.

Identification du pinitol. — Les cristaux purifiés fondent au bloc Maquenne à 190-191°. Ils sont très solubles dans l'eau, moins solubles dans l'alcool, le méthanol pur et l'acétone, peu solubles dans l'acétate d'éthyle et insolubles dans l'éther.

En solution aqueuse, $[\alpha]_D^{20} = +65°$ ($\alpha = 1°18$, $p = 0^g,1$, $v = 10^{cm^3}$, $l = 2^{dm}$).

L'analyse élémentaire correspond à la formule brute $C_7H_{14}O_6$.

$$\text{Trouvé} \begin{cases} C = 43,36 & 43,36 \\ H = 6,95 & 7,37 \end{cases} \qquad \text{Calculé pour } C_7H_{14}O_6 \begin{cases} C = 43,37 \\ H = 7,37 \end{cases}.$$

Le dosage des groupes méthoxyles indique 15,77 % de $O.CH_3$. Le dosage des oxhydriles libres indique 42,9 % d'OH :

$$\text{Calculé pour } C_6H_6(OCH_3)(OH_5) \begin{cases} O.CH & : 17,9\ \% \\ OH \text{ libre} & : 43,81\ \% \end{cases}.$$

La déméthylation du produit par l'acide iodhydrique suivant Maquenne (¹) conduit à l'obtention de cristaux fondant à 248-250°, déviant la lumière polarisée à droite, donnant la réaction de Scherer caractéristique de l'inositol. Il s'agit donc bien d'un ester monométhylique du *d*-inositol, correspondant au pinitol, (PF = 190°, $[\alpha]_D^{20} = +68°,58$).

La solution B concentrée à sec est reprise par 25^{cm^3} d'alcool à 95° et additionnée d'éther. Un précipité très sucré se forme, qui est repris par 60^{cm^3} d'alcool absolu et reprécipité à nouveau à plusieurs reprises par 300^{cm^3} d'éther, repris par l'acétate d'éthyle et concentré à sec sous vide; il se présente sous forme de lamelles jaune clair, bien plus sucrées que le pinitol et laissant ensuite une légère amertume. Malgré de nombreuses tentatives, nous n'avons pu le faire cristalliser.

(¹) *Ann. de Phys. et Chim.*, 6ᵉ série, **22**, 1891, pp. 269-270.

Ce produit est peu soluble dans l'eau et très soluble dans l'alcool, stable à l'air; sa solution aqueuse, même très diluée, mousse fortement. Il est légèrement dextrogyre $[\alpha_D^{20}] = + 3$ à $6°$.

Son hydrolyse par SO_4H_2 à 3 % pendant 4 heures ne libère pas sensiblement de sucre réducteur.

Nous nous proposons de reprendre l'étude de ce corps lorsque nous aurons reçu de nouveaux matériaux d'étude.

Sur des échantillons de Tali non sucré, nous avons pu isoler le pinitol avec à peu près le même rendement, mais il ne nous a pas été possible d'y déceler la substance amorphe, qui semble donc être le principe responsable de la saveur des feuilles de cette espèce *d'Erythrophleum*.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Paramastoïdes humaines et simiennes.* Note de M. **Georges Dehaut**, transmise par M. Louis Fage.

Si dans l'espèce humaine le *paroccipital* ou apophyse jugulaire, *diapophyse* fusionnée avec un *élément costal* ([1]), donne assez souvent naissance à une sorte d'exostose dirigée vers l'apophyse transverse de l'atlas, et justement comparée à l'apophyse *paramastoïde* des Suidés, Equidés, Carnivores, etc., dont elle est en effet l'homologue ([2]), cette variation est dans les Singes d'une excessive

Fig. 1.

Fig. 2.

rareté. Ainsi, dans la riche collection de crânes simiens que possède le laboratoire de mammalogie du Muséum, je ne l'ai observée qu'une seule fois : sur une tête osseuse de Callitriche, espèce africaine appartenant au groupe des Catarrhiniens cynomorphes.

([1]) Dans certains sujets, une *parapophyse* tient lieu de l'élément costal dans la composition de l'apophyse jugulaire (Dehaut, Squelette axial, *Thèse Fac. Méd. Paris*, 1927).

([2]) Tandis que la paramastoïde des Ongulés et Carnivores donne insertion au muscle abaisseur de la mandibule, le *digastrique*, c'est le *droit latéral de la tête*, « le plus élevé des intertransversaires » suivant l'expression de Testut, qui s'attache au paroccipital humain. M. Chaine nous apprend que le digastrique s'insère dans les Singes à l'apophyse mastoïde du temporal. Ainsi, comme l'enseigne M. Lesbre, les connexions ostéo-musculaires sont loin d'être constantes dans la classe mammalienne.

De ce crâne, si précieux pour l'anatomie philosophique, M. Noël Boudarel a bien voulu dessiner : *fig.* 1, les paroccipitaux vus par leur face ventrale [sur celui de droite, la paramastoïde (*st*), styloïde comme son homologue du côté opposé, est fort peu développée]; *fig.* 2, la paramastoïde gauche vue par sa face externe.

Au lieu de revêtir la forme d'un *mamelon* comme dans le sujet humain, la paramastoïde de notre Callitriche, variation individuelle elle aussi, est *styloïde* comme l'apophyse homologue normale des Suidés, mais sans rivaliser avec elle pour la longueur; elle est *oblique en bas et en avant*, comme l'est, très souvent, celle de ces animaux; enfin, comme les paramastoïdes des mêmes Pachydermes artiodactyles et aussi des Équidés, elle est *aplatie d'un côté à l'autre*.

Déjà en 1861, Richard Owen ([3]) interprétait la paramastoïde humaine par l'hypothèse d'un retour à un type mammalien généralisé. Or cette expression, *a return to a more general type*, signifie, dans l'esprit de l'illustre disciple de Cuvier : réalisation du *plan organique* ou, pour parler le langage des philosophes, de l'*archétype* des Mammifères, mais non pas retour à la morphologie de telle *espèce* de cette classe en particulier, comme le supposait Darwin ([4]).

Cette signification *archétypique* est également celle de l'apophyse styloïde de notre Callitriche, rappelant à la fois l'apophyse homologue des Suidés et celle des Équidés, mais différant de l'une et de l'autre par de nombreux détails de configuration.

M. Heinrich Hayek distingue, dans la variation humaine, la paramastoïde née de la partie interne du paroccipital : c'est le *processus paracondyloideus*, lequel s'articule quelquefois avec l'apophyse transverse de l'atlas; et la paramastoïde périphérique ou *processus retrojugularis*, plus particulièrement homologue de l'apophyse styloïde mammalienne normale ([5]). En examinant les figures 1 et 2, il est facile de se rendre compte que les paramastoïdes de notre Callitriche sont des apophyses rétrojugulaires.

([3]) On the psychical and physical characters of the Mincopies. *Report of the* 31[rst] *meeting of the British Association for the Advancement of Sciences, held at Manchester in* 1861.

([4]) Le fait *négatif* auquel je fais allusion est général, et même lorsque la variation humaine rappelle, à certains égards, une famille ou un genre simien, la ressemblance ne va jamais jusqu'à l'identité. Ainsi, M. Bolk a montré qu'entre la variété cynocéphaloïde (*cynocephalusvorm*) de l'atlas humain et la vertèbre homologue des Cynocéphales persistent des différences très marquées, bien que, dans l'un et l'autre cas, se trouvent réalisées les arcades post-glénoïdiennes et gléno-transversaires de l'atlas archétypique mammalien (De variaties in het grensgebied tusschen hoofd en halswervelkolom bij den Mensch en hun beteekenis. *Nederlandsch Tijdschrift voor Geneeskunde*, 1899, 1[re] partie).

([5]) Untersuchungen über Epistropheus, Atlas und Hinterhauptsbein. *Morphologisches Jahrbuch*, 1927.

PHARMACOLOGIE. — *Phényltyramines droite, gauche et racémique. Propriétés physicochimiques et pharmacologiques comparées des trois isomères.* Note ([1]) de MM. JEAN CHEYMOL et ALBERT LESPAGNOL, présentée par M. Léon Binet.

La phényltyramine répond à la formule suivante :

sa synthèse et ses propriétés ont fait l'objet de plusieurs communications ([2]).

L'examen de la formule développée de ce corps montre que l'introduction d'un groupe C_6H_5 sur le carbone β de la molécule entraîne l'apparition d'un carbone asymétrique (*). Nous avons pu obtenir les deux énantiomorphes et les étudier aux points de vue physicochimique et pharmacodynamique conjointement au produit racémique.

Séparation de la phényltyramine en ses isomères optiques. — La phényltyramine racémique base (point de fusion +159°) est traitée par de l'acide tartrique *droit* dissous dans le méthanol. Après concentration de la solution on obtient des cristaux $[\alpha]_D - 39°$, point de fusion : 179-180°) et des eaux mères. Ces dernières, traitées par l'ammoniaque, abandonnent la base qui salifiée par de l'acide tartrique *gauche* donne des cristaux $[\alpha]_D = + 39°,6$.

Des tartrates acides ainsi séparés, l'addition d'ammoniaque a libéré les bases correspondantes, ayant même point de fusion 183-184° et en solution alcoolique des $[\alpha]_D$ de $- 46°,8$ pour l'une et $+ 46°$ pour l'autre.

Actions pharmacodynamiques des trois isomères. Cœur isolé de Grenouille. — L'effet dépriment cardiaque croît dans l'ordre suivant : phényltyramine droite, phényltyramine racémique, phényltyramine gauche (voir *fig.* 1).

Pression artérielle (chien chloralosé). — La phényltyramine gauche est plus hypotensive que la droite, l'action de la racémique se situant, comme il est logique, entre celles des 2 énantiomorphes (voir *fig.* 2). Les différences ont tendance à diminuer si on élève les doses. La cocaïne ne paraît pas augmenter différemment l'action des 3 isomères.

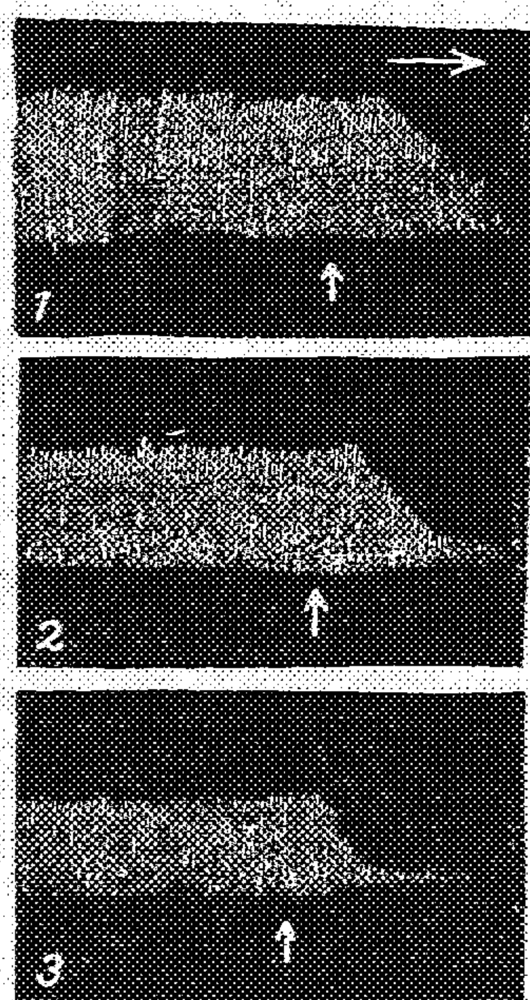
Œil énucléé de Grenouille. — Cette recherche, effectuée à l'aide de la technique de R. Hazard et J. Lévy, a donné avec les 2 isomères, une mydriase nette, la durée et l'amplitude ont été : *droit* 40 min., augmentation pupillaire 43 % ; *gauche* : 55 min., augmentation pupillaire 62,5 %.

L'effet mydriatique est plus rapide, plus prolongé et plus intense pour l'isomère gauche que pour le droit.

([1]) Séance du 21 avril 1947.

([2]) A. LESPAGNOL, J. CHEYMOL, *Bull. Soc. Chim.*, 1946 (sous presse); *Rev. Scientif.*, 80, 1942, p. 277; 82, 1944, p. 376; 84, 1946, pp. 492 et 549.

Dans les différents essais pharmacodynamiques réalisés, l'isomère gauche



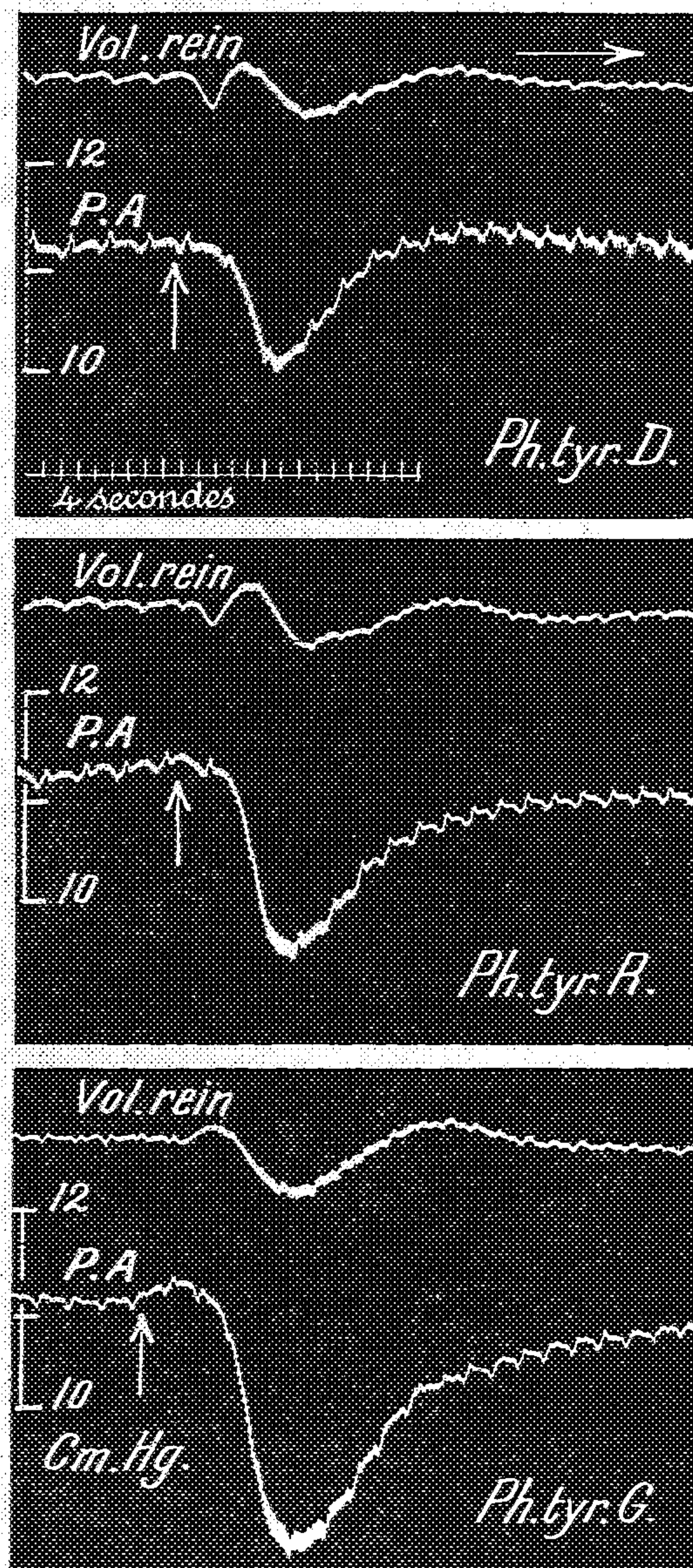


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Sur le cœur isolé de Grenouille, action des phényltyramines : droite (tr. 1), racémique (tr. 2), gauche (tr. 3). A la flèche, addition de 2 gouttes de solution à 1 % du chlorhydrate de l'isomère correspondant dans la canule réservoir.

Fig. 2. — Action des phényltyramines : droite, racémique et gauche sur le volume rénal et la pression artérielle. A la flèche, injection dans la saphène de 0g,01 par kg. du chlorhydrate d'un des isomères, chaque injection est séparée de la précédente par une durée d'au moins 10 minutes. (*Fox* ♂, 8kg ; adulte, chloralosé, vagues intacts.

s'est révélé plus actif que le droit, l'action de la phényltyramine racémique se situant entre celles de 2 énantiomorphes.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La migration des cellules de régénération et les facteurs qui la provoquent chez les Planaires.* Note de M. **Etienne Wolff** et M^lle **Françoise Dubois**, présentée par M. Maurice Caullery.

De nombreux travaux ont montré que la régénération des Planaires est due à des cellules-souches, ou cellules de régénération, qui se trouvent ou affluent à l'emplacement de la région sectionnée. Mais on ignorait l'ampleur et la nature des migrations que peuvent effectuer ces cellules. Viennent-elles seulement de la région qui avoisine immédiatement la blessure, peuvent-elles parcourir des trajets importants dans le corps des Planaires?

On sait, par les recherches de Zhinkin (1) que, chez les Annélides, les cellules de régénération peuvent effectuer d'importantes migrations, équivalant à la longueur de plusieurs segments. Par contre, Chevchenko (2) conclut à l'existence de migrations d'ampleur limitée chez la Planaire *Euplanaria lugubris*.

Nous avons abordé la question de la manière suivante :

1. Il a été démontré (Curtis et Hickman, 1926) (3) qu'une dose convenable de rayons X empêche toute régénération, en détruisant les cellules de régénération. Nous avons vérifié ce résultat en irradiant *in toto* des individus adultes d'*Euplanaria lugubris* avec une dose de rayons X dépassant un seuil que nous appellerons S. Aucune régénération n'a été observée sur des Planaires mutilées après irradiation. Toutes les Planaires irradiées dans ces conditions meurent après un intervalle de 4 à 6 semaines.

2. Nous pratiquons des irradiations localisées à une région bien déterminée de la Planaire (par exemple la région antérieure au pharynx, c'est-à-dire environ les 2/5 antérieurs). Dans ces conditions, si la dose de rayons X est supérieure à S, les cellules de régénération sont détruites dans la région irradiée, elles demeurent intactes dans la région protégée. Si une régénération se produit dans la région antérieure, elle ne peut être due qu'à la migration de cellules affluant de la région intacte vers la région irradiée.

Nous sectionnons la tête en arrière des yeux après l'irradiation. Chez les témoins non irradiés, un blastème de régénération apparaît 3 ou 4 jours après la section. Chez les sujets irradiés, le blastème de régénération apparaît au bout d'un temps qui varie avec la longueur du segment irradié. On l'observe 27 à 33 jours après la section chez les sujets irradiés au ras de la tranche antérieure du pharynx. Le délai de régénération est d'autant plus court que le segment irradié est plus petit. On peut conclure de ces expériences que les cellules de régénération peuvent effectuer des migrations de grande amplitude,

(1) *Zool. Anz.*, 105, 1935, pp. 305-312.
(2) *Bull. Biol. et Méd. exp.*, (en russe), 8, 1939, pp. 276-278.
(3) *Anat. Rec.*, 34, 1926, pp. 145-146.

et que la formation d'un blastème de régénération est d'autant plus rapide qu'elles ont moins d'espace à parcourir.

3. Cette migration ne se produit pas, s'il n'y a pas de lésion à réparer dans la région irradiée. Elle n'est pas passive, mais doit être provoquée par une lésion (par exemple l'amputation de la tête). Appelons T le temps mis par une Planaire pour régénérer dans les conditions de l'expérience 2 (section de la tête immédiatement après l'irradiation). Si l'on sectionne la tête t jours après l'irradiation, la régénération ne commencera que $(T+t)$ jours plus tard. Si l'amputation est différée de 30 jours par une Planaire irradiée au niveau de la tranche antérieure du pharynx, la régénération débutera en moyenne au bout de 60 jours. La migration des cellules de régénération est donc conditionnée par un *appel* émané de la blessure. Cette migration est *orientée*. Une section de la région postérieure ne détermine aucun appel vers la région antérieure, une section antérieure ne détermine aucun appel vers la région postérieure.

4. *L'appel* des cellules migratrices peut se produire sous l'influence d'une incision quelconque, même si celle-ci ne doit pas être suivie de régénération. Ainsi, une blessure de la tête, entretenue quelques jours et suivie de cicatrisation totale, déclenche l'afflux des cellules de régénération. On peut s'en rendre compte en pratiquant l'amputation de la tête un mois après la première lésion. Les cellules de régénération sont en place, et le blastème se forme dans les trois ou quatre jours qui suivent l'amputation.

Conclusion. — Les cellules de régénération peuvent effectuer des déplacements considérables dans le corps d'une Planaire. Si la moitié antérieure du corps est privée expérimentalement de ces cellules, la régénération fait appel à des cellules situées dans la région postérieure, mais elle est différée du temps nécessaire à leur migration. La migration n'est pas passive, elle est déclenchée par une mutilation ou par une simple blessure. Cet appel ne se produit pas en l'absence de lésion.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les divers types de fermentation alcoolique déterminées par diverses races de levures elliptiques.* Note de MM. **Émile Peynaud** et **Jean Ribereau-Gayon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons montré récemmment [1] que, dans une fermentation alcoolique, tout se passait comme si le glycérol (g molécules par litre) provenait d'une fermentation glycéropyruvique; l'acide pyruvique correspondant, décarboxylé et dismuté, se retrouve à 10 ou 15 % près, dans l'acide succinique (s molécules par litre), l'acide acétique (a), le butylèneglycol (b), l'acétylméthylcar-

---

(1) L. Genevois, E. Peynaud et J. Ribereau-Gayon, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 693; 224, 1947, p. 762.

binol (m) et l'aldéhyde acétique (h) suivant l'équation

$$5s + 2a + b + 2m + h = \Sigma = 0{,}9g.$$

L'étude de 29 levures elliptiques différentes, isolées en culture pure, fermentant dans du jus de raisin stérilisé à $pH = 3{,}17$, nous a montré que $100\,\Sigma/g$ varie de 83 à 94.

En opposition avec cette constance remarquable de la somme des produits de fermentation, les proportions de ces divers produits varient dans de larges limites; le rapport a/s varie de 0,45 à 2, le rapport $1000\,(b/g)$ de 48 à 95.

On peut ainsi distinguer :

1° Des levures succinogènes, avec $a/s < 0{,}8$;

2° » » équilibrées, » $0{,}8 < a/s < 1{,}25$;

3° » » acétogènes » $a/s > 1{,}25$.

D'autre part, on peut distinguer :

a. Des levures glycologènes (²), $1000\,(b/g) > 70$;

b. » » aglycologènes, $1000\,(b/g) < 70$.

L'expérience montre que, dans chacune des catégories 1, 2 et 3, on trouve des levures glycologènes, ou non glycologènes.

On peut ainsi distinguer, dans les seules levures elliptiques typiques retirées de vins en fin de fermentation, 6 types physiologiques différents de levures. Ces types se rencontrent dans les vins d'une même région, ce qui justifie les différences observées d'un crû à un autre, et se retrouvent dans des régions fort éloignées (Gironde, Canton de Vaud).

Voici les chiffres observés sur 14 levures des plus typiques. Les concentrations sont en millimolécules pour 10 litres de milieu fermenté. Le jus de raisin utilisé contenait 166ᵍ de sucre par litre.

Vins rouges.	g.	a.	s.	m.	b.	h.	Σ.	$100\frac{\Sigma}{g}$.	$\frac{a}{s}$.	$1000\frac{b}{g}$.
1° Levures succinogènes :										
Cantenac (Médoc).......	580	46	78	0,3	33	26	541	93	0,59	57
Saint-Estèphe (Médoc)...	620	40	77	0,4	35	41	541	88	0,52	56
Plassac (Blayais)........	630	43	78	0,4	41	39	556	88	0,55	65
2° Levures succinogènes et glycologènes :										
Quinsac (Bordeaux).....	530	31	60	0,3	38	39	439	83	0,52	72
Levure de boulangerie S..	640	37	80	0,7	55	26	555	86	0,45	84
3° Levures équilibrées :										
Moulis (Médoc).........	700	78	80	0,5	34	25	615	88	0,97	49
Saint-Émilion...........	630	75	63	0,2	32	34	531	84	1,19	51
Fresia (Tessin)..........	520	53	58	0,3	36	25	457	87	0,91	69
4° Levures équilibrées et glycologènes :										
Malvoisie (Vaud).......	600	59	60	1,1	57	27	502	83	1,02	95

(²) Adjectif employé au lieu de butylèneglycologène, plus significatif mais un peu long.

Vins rouges.	$g.$	$a.$	$s.$	$m.$	$b.$	$h.$	$\Sigma.$	$100\frac{\Sigma}{g}$.	$\frac{a}{s}$.	$1000\frac{b}{g}$
5° Levures acétogènes :										
Pauillac (Médoc)........	630	84	58	0,4	34	31	523	83	1,45	54
6° Levures acétogènes et glycologènes :										
Morges (Vaud)..........	570	78	60	0,3	42	26	524	91	1,30	74
Fendant de Sion (Valais)..	750	119	71	0,8	53	26	673	89	1,87	71
Bonarda (Tessin)........	610	100	48	0,7	56	31	527	86	2,02	92
Traminer (Alsace)......	750	119	65	0,4	55	30	648	86	1,83	73

MICROBIOLOGIE. — *Le latex d'*Hevea brasiliensis *en tant qu'adjuvant de divers vaccins.* Note (¹) de M. **Henri Jacotot**, transmise par M. Gaston Ramon.

J'ai fait connaître ici, en 1940, les effets résultant de l'adjonction de gel d'alumine au vaccin employé contre la peste bovine (²). Des recherches reposant également sur l'emploi de substances adjuvantes de l'immunité m'ont permis de constater qu'un colloïde végétal, le latex d'*Hevea brasiliensis* améliore dans une mesure intéressante les effets de divers vaccins employés contre les maladies des animaux.

Dans toutes les expériences l'activité du vaccin au latex a été établie comparativement avec celle du même vaccin sans latex.

Vaccin contre la rage. — Le vaccin employé est une émulsion de substance nerveuse rabique traitée par le formol; le latex lui est mélangé dans la proportion du 1/10 de la pulpe tissulaire.

Expérience. — On fait usage d'émulsions vaccinales au 1/5 qui ont été préparées trois semaines avant. Chaque vaccin est expérimenté sur douze cobayes répartis en quatre groupe de 3; on vaccine en deux temps, à trois semaines d'intervalle aux doses de $0^{cm^3},25$, $0^{cm^3},50$, 1 ou 2^{cm^3} chaque fois. L'épreuve consiste en une inoculation de $0^g,02$ de virus des rues dans les masseters; elle est pratiquée un mois et demi après la deuxième vaccination; elle donne les résultats suivants : cobayes qui ont reçu le vaccin additionné de latex, 1 mort sur 12; cobayes qui ont reçu le vaccin sans latex, 8 morts sur 12; cobayes témoins non vaccinés, 4 morts sur 4.

Vaccin contre la peste porcine. — Les émulsions mères sont faites de rates, ganglions ou poumons pestiques finement pulpés puis soumis à l'action du formol; la proportion de latex est encore du 1/10 de la matière tissulaire.

Expérience. — Il s'agit d'émulsions spléniques. On constitue deux groupes, de chacun neuf porcelets; les animaux du premier groupe reçoivent du vaccin au latex, les animaux du deuxième groupe du vaccin sans latex; dans chaque groupe trois porcelets sont vaccinés avec 3^{cm^3} de vaccin, trois avec 7^{cm^3}, trois avec 12^{cm^3}. Deux semaines après la vaccination,

(¹) Séance du 5 mai 1947.
(²) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 376.

on éprouve tous ces animaux : chacun d'eux reçoit 1^{cm^3} d'une dilution au 1/100 de sang virulent fraîchement récolté. Trois des porcelets qui ont reçu le vaccin au latex contractent une peste mortelle et six présentent des troubles de gravité inversement proportionnelle à la dose du vaccin puis guérissent. Six des porcelets qui ont reçu le vaccin sans latex meurent de peste et trois seulement surmontent les effets de l'inoculation virulente. Le vaccin au latex a protégé exactement deux fois plus de porcelets que le vaccin témoin.

Vaccin contre la pasteurellose bovo-bubaline. — Ce vaccin est une culture concentrée de *Past. boviseptica* tuée par la chaleur ménagée. On ajoute le latex dans la proportion de 1 pour 15.

Expérience. — On fait usage de préparations datant de trois mois. On constitue deux groupes de chacun 8 veaux; les animaux du premier groupe recevront du vaccin au latex, ceux du deuxième groupe du vaccin sans latex; dans chaque groupe, deux veaux sont vaccinés avec 1/8 de centimètre cube de vaccin, deux avec 1/4 de centimètre cube, deux avec $0^{cm^3},5$, deux avec 1^{cm^3}. On éprouve tous ces animaux et deux veaux témoins non vaccinés, deux semaines après la vaccination, par inoculation de $0^{cm^3},1$ d'une émulsion normale de culture hautement virulente. Dans le premier groupe (vaccin au latex), les deux veaux qui avaient reçu 1/8 de centimètre cube de vaccin contractent une pasteurellose mortelle; les autres ne présentent que des troubles légers, fugaces, qui n'altèrent pas leur état général. Dans le deuxième groupe (vaccin sans latex), au contraire seuls résistent à l'épreuve les deux veaux qui ont reçu 1^{cm^3} de vaccin; les six autres mourront de barbone dans les jours suivants. Les deux témoins, non vaccinés, meurent également. Le vaccin au latex s'est montré efficace à dose quatre fois moindre que le vaccin sans latex.

Vaccin contre le charbon symptomatique. — Ce vaccin est une culture de *B. Chauvei* en bouillon de foie peptoné stérilisée par le formol à la température de l'étuve. On ajoute le latex dans la proportion de 6 %.

Expérience. — 12 cobayes répartis en 4 groupes de 3 reçoivent du vaccin additionné de latex, aux doses de 1/8, 1/4, 1/2 et 1^{cm^3}; 12 autres cobayes reçoivent du vaccin sans latex, aux mêmes doses; les injections de vaccin ont été faites sous la peau. Trois semaines après la vaccination on éprouve tous ces animaux ainsi que trois témoins non vaccinés. Chaque animal reçoit à cet effet par voie musculaire, 1^{cm^3} de culture en bouillon de foie peptoné. Des douze cobayes qui ont reçu le vaccin au latex, 10 résistent à l'inoculation; et 4 seulement des douze qui ont reçu le vaccin sans latex : les 3 témoins, non vaccinés, meurent.

L'expérience montre que le latex agit avec le maximum d'intensité, notamment dans le cas des émulsions tissulaires, lorsqu'il est en état de préfloculation; le problème consiste ainsi à tamponner le mélange vaccin-latex de manière à rester en deçà de la floculation mais en s'en rapprochant le plus possible; parmi divers tampons, c'est le borate de soude employé dans la proportion de 1 gramme pour 10 centimètres cubes de latex à 39 % de gomme qui a été retenu.

En résumé l'addition de latex d'*Hevea brasiliensis* à certains vaccins microbiens morts ou constitués par des émulsions de pulpes organiques formolées et par là même avirulentes permet de renforcer leur pouvoir immunisant dans une mesure appréciable; on peut dire, sous une forme expressive sinon rigou-

reusement exacte que, la technique étant au point dans chaque cas envisagé, les préparations qui contiennent du latex sont trois ou quatre fois plus efficaces que les préparations témoins qui n'en renferment pas.

A 15^h50^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h15^m.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 28 avril 1947.)

Page 1197, *Correspondance,* Carte de la Végétation de la France :

Au lieu de 1/20000^e, *lire* 1/200000^e.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 MAI 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** informe l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 28 mai au lieu du lundi 26.

M. le **Président** annonce la mort de Sir **Almroth Wright**, Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, survenue à Farnham Common, Angleterre, le 30 avril 1947.

M. le **Président** donne lecture du décret, en date du 13 mai 1947, publié au *Journal Officiel de la République française*, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Jacques Tréfouël** pour occuper, dans la Section des Académiciens libres, la place vacante par le décès de M. *Louis Martin*.

Sur son invitation, M. **Jacques Tréfouël** prend place parmi ses Confrères.

M. **Charles Jacob** rend compte de son voyage à Vienne où il a représenté l'Académie au Centenaire de l'Académie Autrichienne des Sciences. Il remet à l'Académie la *Médaille* de ce Centenaire.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Relations entre l'activité solaire et la luminescence de la haute atmosphère terrestre*. Note de MM. **Jean Cabannes**, **Jean Dufay** et **Tcheng Mao-Lin**.

1. Il convient de se demander si, en dehors des aurores polaires proprement dites, l'intensité des raies et des bandes brillantes du ciel nocturne est en relation avec l'activité solaire. Jusqu'ici un seul fait paraît bien établi : les moyennes *annuelles* de l'intensité de la raie 5577 Å et les valeurs annuelles de la surface solaire tachée suivent une marche sensiblement parallèle (Lord Rayleigh et Spencer Jones) [1]. De nouveaux renseignements peuvent être

---

[1]. *Proceedings of the Royal Society of London*, A, 151, 1935, p. 22.

tirés des mesures spectrophotométriques faites pendant 14 mois par Cabannes et Dufay ([2]) sur les bandes 4424 et 4170 Å du système A-X de l'azote, et surtout de celles poursuivies pendant plus de 3 ans par Dufay et Tcheng ([3]) sur les raies 5577 et 6300 Å de l'oxygène ainsi que sur le doublet 5892 Å du sodium.

2. *Relations entre les moyennes mensuelles.* — Soient I_m l'intensité moyenne d'une raie pendant un certain mois d'une année déterminée et $\bar{I}_m$ la moyenne de toutes les mesures relatives au même mois pendant les 3 années d'observation. La différence $E_m = I_m - \bar{I}_m$ peut être considérée comme partiellement affranchie de la variation saisonnière. Entre l'excès moyen mensuel E_m relatif aux raies 6300 et 5892 Å d'une part et d'autre part les valeurs mensuelles du nombre de Wolf-Wolfer, ou de l'indice des flocculi du calcium ou de la fréquence des protubérances, on ne trouve qu'une corrélation négligeable. Au contraire la corrélation est notable dans le cas de la raie 5577 Å (coefficients de corrélation compris entre + 0,5 et + 0,6). Ainsi la relation découverte par Lord Rayleigh et Spencer Jones pour les moyennes annuelles s'applique encore assez bien aux moyennes mensuelles, et la diminution d'intensité observée *pour cette raie seulement* de 1940 à 1944 apparaît liée à la décroissance de l'activité solaire.

3. *Relations entre les valeurs journalières.* — Formons maintenant la différence $E = I - \bar{I}_m$ entre l'intensité I mesurée chaque nuit et la moyenne $\bar{I}_m$ précédemment définie. Pour aucune des trois raies il n'existe de corrélation sensible entre E et les nombres de Wolf-Wolfer relatifs aux trois jours précédant la nuit d'observation, ou encore les indices des flocculi du calcium ou des filaments de l'hydrogène. Dans le cas des bandes de Vegard-Kaplan on aboutit au même résultat négatif en considérant l'excès de l'intensité I sur la moyenne de la lunaison.

On peut seulement remarquer que la moitié environ des forts excès positifs de la raie 5577 Å se sont produits 1 ou 2 jours après le passage d'un groupe de taches au méridien central. C'est la seule indication favorable à l'existence d'une relation *au jour le jour* entre l'émission nocturne et l'activité solaire.

4. *La période de 27 jours.* — On dispose d'un peu plus de 30 couples d'observations faites à 27 jours d'intervalle pour les raies 5577 et 5892 Å, d'une vingtaine seulement pour la raie 6300 Å. Mettons à part les 9 couples de mesures dont la première est caractérisée par une intensité de la raie verte notablement supérieure à la moyenne. 27 jours plus tard on trouve 6 fois une forte intensité (4 fois une très forte). Le nombre des cas est trop restreint pour être vraiment significatif, mais il est bien peu probable que ces répétitions soient

---

([2]) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 878.
([3]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 802; *Annales de Géophysique*, **2**, 1946, p. 189.

fortuites car plusieurs d'entre elles concernent des intensités tout à fait exceptionnelles, comme par exemple celles du 27 novembre et du 24 décembre 1943 où la raie était beaucoup plus forte que pendant les aurores du 1er mars et des 18-19 septembre 1941.

De telles répétitions caractéristiques n'ont pas été mises en évidence pour les raies 6300 et 5892 Å, mais elles semblent se produire pour les bandes de Vegard-Kaplan : en effet les 3 couples d'observations, dont la première est marquée par une intensité exceptionnelle des bandes, ont donné une intensité aussi forte 27 jours plus tard.

5. En définitive, les variations de la raie 5577 Å suivent en moyenne celles de l'activité solaire et la répétition de maxima d'intensité avec la période de rotation du Soleil semble bien mettre en évidence une action directe de celui-ci. L'absence de corrélation au jour le jour entre l'intensité de la raie et l'activité globale du Soleil peut s'expliquer si, comme il est probable, l'action provient de *régions actives* d'étendue limitée à la surface du disque. Cette action pourrait s'exercer aussi sur l'émission des bandes de Vegard-Kaplan

Au contraire la raie 6300Å (en dehors des aurores) et le doublet du sodium paraissent indifférents aux phénomènes solaires.

Il est intéressant de rappeler que la raie 5577 Å et les bandes de Vegard-Kaplan présentent une variation annuelle à deux maxima, assez semblable à celle de l'agitation magnétique, tandis que les variations des raies 6300 et 5892 Å ne montrent qu'un seul maximum vers le solstice d'hiver et un profond minimum au solstice d'été.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouvel oxyde d'uranium* U_3O_7. Note (1) de M. **Pierre Jolibois.**

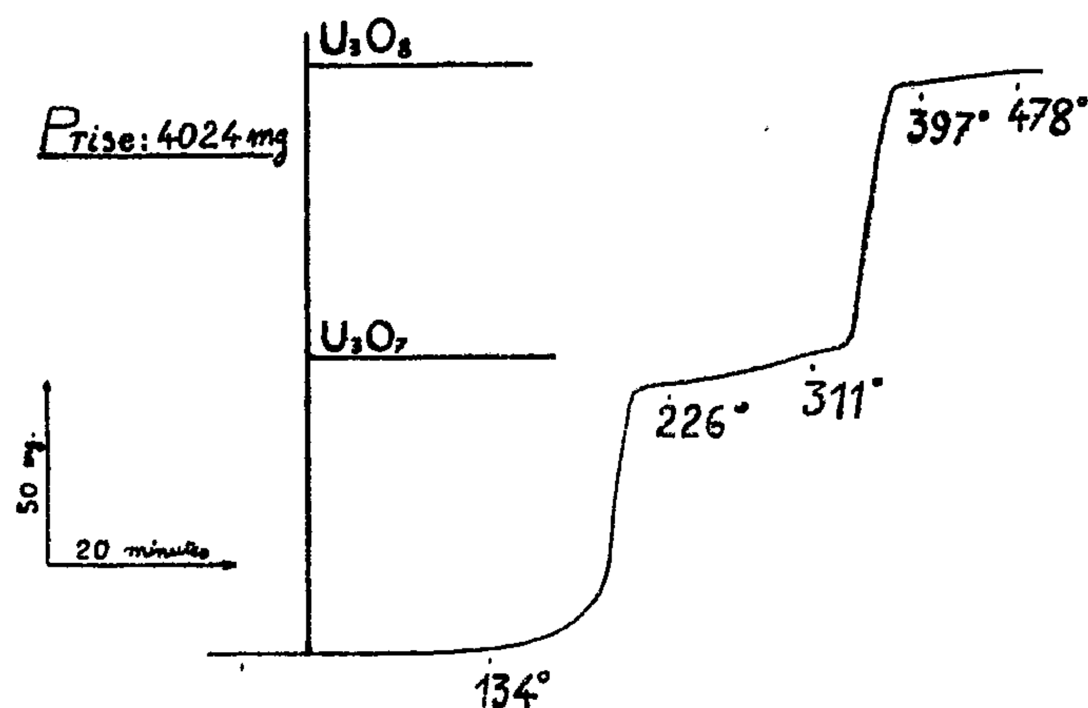
Notre Confrère Paul Lebeau a montré en 1912 (2) qu'un des oxydes d'uranium les mieux définis et les plus faciles à obtenir à l'état de pureté est l'oxyde uraneux UO_2; la définition exacte de ce composé lui a permis son emploi comme substance de référence dans une détermination de poids atomique. Lorsqu'on oxyde ce corps marron clair sans précautions particulières par chauffage à l'air, il se forme une substance vert foncé répondant à peu près à la formule U_3O_8. Si l'on exécute cette opération lentement en chauffant progressivement et en suivant le poids en fonction du temps au moyen de la thermo-balance Chevenard, on constate que la fixation d'oxygène subit un temps d'arrêt aux environs de 220° et que l'oxydation ne recommence que vers 300°. La formule de l'oxyde correspond alors à U_3O_7 (figure ci-après).

Nous avons pu vérifier qu'une pesée à poids constant dans une étuve chauffée

(1) Séance du 12 mai 1947.

(2) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **11**, 1912, p. 847.

à 238° au moyen de vapeur de quinoléine en ébullition donnait le même résultat. La fixation d'oxygène conduit dans ces conditions à la formule U_3O_7 à



Oxydation de UO_2 dans l'air.

moins de 1 % près. Ce composé est noir légèrement bleuté et doit être au même titre que U_3O_8 considéré comme un oxyde salin UO_3, $2UO_2$.

Afin de vérifier son identité comme composé défini, nous avons déterminé son spectre de rayons X par la méthode des poudres afin de le comparer à celui de UO_2 et de U_3O_8. Il diffère totalement de celui de U_3O_8 avec lequel il n'a aucune raie commune; mais il ressemble à celui de UO_2.

On trouve dans le spectre de U_3O_7 toutes les raies correspondant à UO_2 caractérisées par les angles θ :

14°19'30"; 16°34'30"; 23°44'15"; 28°7'30"; 29°30'45"; 34°41'15"; 38°15'; 39°22'30" 44°3'45"; 47°28'30";

mais il s'y ajoute des raies nouvelles caractérisées par les angles θ :

16°52'30"; 28°36'45"; 35°21'45"; 40°3'; 44°39'45"; 46°48'; 48°27'

(rayonnement K_α du cuivre).

La première série de ces raies étant de la même intensité que dans UO_2 pur, il en résulte que le réseau de UO_2 est peu modifié par sa transformation en U_3O_7.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation avec le nickel Raney.* Note de M. **Marcel Delépine.**

Avec Horeau, Delépine a montré par de nombreux essais (près de 100, portant sur plus de 40 substances), que le nickel Raney, tel quel ou après platinage, permet l'hydrogénation de combinaisons carbonylées variées, à la température et à la pression ordinaires, c'est-à-dire dans des conditions

d'appareillage des plus modestes ([1]). En outre, il a été constaté qu'une addition d'un peu de lessive de soude (de l'ordre de dixièmes de centimètre cube pour 100^{cm^3} de solvant) accélère, en de nombreux cas, la fixation de l'hydrogène dans des proportions importantes, que le nickel soit platiné ou non. Ces expériences ont été confirmées par différents auteurs que nous ne pouvons citer ici.

Je rappellerai toutefois des résultats obtenus dans mon propre laboratoire. Par exemple, Français ([2]) a transformé facilement les cétones du type $_{(2.4)}(CH_3)_2.C_6H_3.CH_2.CO.R$, avec $R = CH_3$, C_2H_5, C_3H_7, C_4H_9, C_6H_5, en les alcools secondaires correspondants par le nickel platiné, avec soude, en des temps variant de 30 à 150 minutes selon le radical. Sosa ([3]), avec l'anisylidène-acétone $CH_3O.C_6H_4.CH:CH.CO.CH_3$, a comblé la double liaison en 10 minutes avec le nickel, sans soude, ni platine, et changé la cétone saturée en alcool secondaire en 7 minutes, avec le nickel platiné en présence d'un peu de soude, etc.

Malgré les commodités et les résultats de ce moyen d'hydrogénation, on peut cependant lire de temps à autre des travaux au cours desquels on a eu recours à la pression ou à l'élévation de température. On peut se demander si c'était une nécessité. La présente Note n'a d'autre but que de montrer que non, en s'appuyant sur deux exemples.

Le premier exemple porte sur l'hydrogénation de l'ester de l'acide acétone-dicarbonique $CO(CH_2.CO_2C_2H_5)_2$ récemment décrite par Lochte et Pickard ([4]) : opérant sous une pression de 1500 livres (par pouce carré, sans doute; soit une centaine d'atmosphères), à une température de 150°, ces auteurs ont obtenu une réduction complète en 4 heures, avec 1 % de nickel Raney, et extrait 76 % d'ester β-hydroxyglutarique $HO.CH(CH_2.CO_2C_2H_5)_2$. Ils recommandent bien d'employer un catalyseur n'ayant pas séjourné trop longtemps sous l'alcool.

Il est évident que ces conditions permettent l'emploi d'une minime proportion de catalyseur et que cela présente un intérêt industriel indubitable. Mais ce dont je veux parler ici, c'est du travail de laboratoire pour lequel on n'a pas toujours les engins nécessaires, ni surtout un personnel d'entretien qualifié et pour lequel, en raison des faibles quantités mises en œuvre, la consommation de catalyseur un peu élevée n'est pas un obstacle.

Ayant hydrogéné aisément avec Horeau, l'ester acétylacétique qui est un ester de l'acide acétone-monocarbonique, il y avait lieu de penser que l'ester de

---

([1]) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1301 ; **202**, 1936, p. 995; *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **4**, 1937, p. 31 (Mémoire détaillé).

([2]) *Ann. de Chimie*, 11e série, **11**, 1939, p. 212.

([3]) *Ibid.*, 11e série, **14**, 1940, p. 5.

([4]) *J. am. Chem. Soc.*, **68**, 1946, p. 721.

l'acide acétone-dicarbonique n'offrirait pas plus de difficultés. En fait, on a obtenu les résultats consignés dans le tableau suivant; si l'on en dressait des courbes, elles se calqueraient sur celles déjà obtenues par Delépine et Horeau. Chaque première prise d'ester éthylique de l'acide acétone-dicarbonique était diluée dans une trentaine de centimètres cubes d'alcool à 96°. Les colonnes successives indiquent le poids en grammes d'ester, de nickel, de métal noble, de soude 10N employée, les vitesses maxima en cm³/mn observées, la durée totale. La durée totale est le temps au bout duquel l'absorption, même mesurée dans une burette graduée en dixièmes de centimètre cube, était devenue insignifiante au cours d'une minute; en réalité, presque tout l'hydrogène était absorbé dans les deux premiers tiers de ce temps.

	Ester.	Ni.	Pt ou Ir.	Soude 10N.	Vitesse.	Durée totale.
	cm³	g	g	cm³	cm³	
1	5,55	3	0	0	13	66 mn
	Après 3 minutes on ajoute			0,2	20	
2	5,55	3	0,1 Pt	0	33	19 »
	Après 3 minutes on ajoute			0,1	100	
3	5,55 ajoutés après l'hydrogénation			2	58	20 »
4	5,55	3	0,02 Pt	0,1	80	27 »
5	5,55	3	0,05 Ir	0	33	15 »
	Après 3 minutes on ajoute			0,2	96	
6	10,45 ajoutés après l'hydrogénation			5	70	36 »

Dans tous les cas, la fixation d'hydrogène fut sensiblement théorique. Le tableau se passe de commentaires; on peut en retenir toutefois que, de petites doses de platine ou d'iridium exercent leur influence favorisante, comme dans les cas primitivement étudiés. Il a été vérifié que l'on avait bien obtenu l'ester β-hydroxyglutarique; par saponification à la baryte on a eu l'acide (point de fusion de l'acide et de son dihydrazide).

Une certaine quantité d'ester hydroxylé a été transformée en ester glutaconique $C_2H_5.CO_2.CH:CH.CH_2.CO_2.C_2H_5$, dont l'hydrogénation en ester glutarique s'est effectuée en 18 minutes (4/5 en 10 minutes) par le nickel sans platine, ni soude. L'acide glutaconique, à son tour, pris sous forme de sel de sodium, a fixé l'hydrogène en 50 minutes pour se transformer en acide glutarique (F 96°). Ces expériences supplémentaires ne furent destinées qu'à montrer une fois de plus qu'on peut hydrogéner également des doubles liaisons à la température et à la pression ordinaires.

Le deuxième exemple est emprunté à une publication toute récente ([5]) de Palfray, Sabetay et Reynaud concernant l'aldéhyde α-méthyl-*p*-isopropylhydrocinnamique $(CH_3)_2.CH.C_6H_4.CH_2.CH(CH_3).CHO$, que ces auteurs ont hydrogéné en alcool sous une pression initiale de 60 atm. à 90°, avec une durée de 3 heures.

([5]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 939.

Les résultats à la température et à la pression ordinaires sont consignés ci-dessous (solvant, 30$^{cm^3}$ d'alcool à 96°) :

	Aldéhyde.	Ni.	Pt.	Soude 10N.	Vitesse.	Durée totale.
	g	g		cm³	cm³	
1.......	8	3	0	0	15	
	Après 3 mn, on ajoute			0,2	50 (puis 20)	40 mn
	Après 18 mn, on ajoute encore			0,1	45	
2.......	8	3	0,05	0	65 (puis 45)	
	Après 5 mn, on ajoute			0,1	75 (» 5)	31 mn
	Après 18 mn, on ajoute			0,1	80 (» 0)	

On retrouve les effets favorisants du platinage et de la soude; mais celui de la soude s'atténue assez rapidement en raison de la réaction de Cannizzaro que le nickel accélère et dont l'effet est de faire disparaître la soude sous forme de sel de sodium de l'acide correspondant à l'aldéhyde ([6]). Dans le tableau ci-dessus on voit que lorsque la vitesse d'hydrogénation s'est affaiblie, une nouvelle addition de soude la revigore; en raison de cette réaction de Cannizzaro, la quantité d'hydrogène fixée est théoriquement diminuée de 48$^{cm^3}$ environ (à température ordinaire) par 0$^{cm^3}$,1 de soude 10 N; ce qui a été constaté par l'expérience.

A noter enfin que, par pure curiosité, j'ai hydrogéné cet aldéhyde avec un échantillon de nickel préparé en 1939 et conservé simplement sous l'alcool à peu près absolu en tube d'essai fermé au liège. 3^g,8 d'aldéhyde avec 2^g de nickel fixèrent 425$^{cm^3}$ d'hydrogène, en présence de 0$^{cm^3}$,2 de soude 10 N ajoutés en deux fois au cours de l'hydrogénation; l'expérience demanda 45 minutes. Il est donc des circonstances où le nickel a conservé longtemps son activité, tout au moins vis-à-vis de l'aldéhyde employé; je ne crois pas qu'on puisse toujours s'y fier.

La conclusion de cette Note est que pour les recherches de laboratoire, il ne faut pas craindre d'essayer le nickel Raney à la température et à la pression ordinaires. Il est toutefois des cas où l'on ne réussit pas; c'est ainsi que la diisopropylcétone et la fenchone ne furent pas hydrogénées dans ces conditions ([1]).

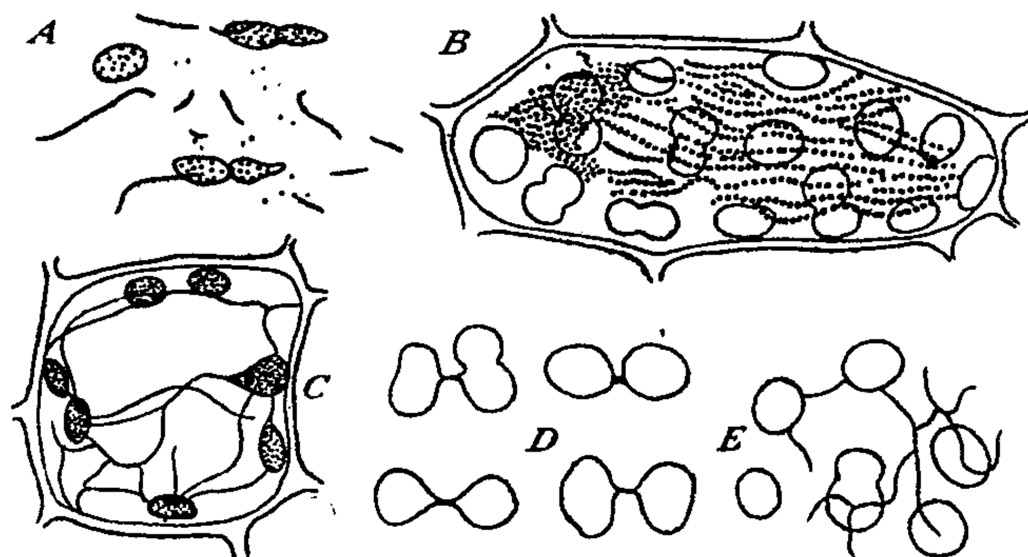
CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les formations filamenteuses de la cellule des Mousses*. Note ([1]) de MM. **Pierre Dangeard** et **Jean Eymé**.

Les formations filamenteuses de la cellule des Mousses ont fait l'objet autrefois d'observations attentives, mais leur véritable nature est restée encore très mystérieuse. D'autre part, ce sujet ne paraît pas avoir été repris récemment à la lumière des connaissances nouvelles sur le cyto-

([6]) Delépine et Horeau, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1605.

([1]) Séance du 17 mars 1947.

plasme. C'est ce qui nous a engagés à reprendre l'étude de ces formations énigmatiques. Les Mousses étudiées ont été particulièrement *Funaria hygrometrica*, *Hookeria lucens*, *Atrichum undulatum*, divers *Mnium*, *Fontinalis antipyretica*. Toutes ces espèces montrent, avec plus ou moins d'évidence, dans les cellules des feuilles, des filaments souvent, d'une grande minceur, simples, ou ramifiés et anastomosés en un réseau. Nous ne reviendrons pas sur les caractères d'ensemble de ces formations tels qu'on peut les observer *in vivo*, comme leurs changements incessants de forme, leurs relations dans certains cas avec les chloroplastes, et dans d'autres cas leur indépendance, leur présence dans la couche pariétale du cytoplasme et aussi dans la profondeur. La plupart de ces caractères ont déjà été notés par Boresch (1914) ou par les auteurs qui l'ont précédé ([1]). Ils établissent selon nous, que les formations filamenteuses de la cellule des Mousses ne sont pas susceptibles d'une interprétation unique et que leur nature n'est pas la même dans tous les cas. C'est ainsi qu'il existe d'une part, un chrondriome, formé assez souvent de filaments plus ou moins allongés dont on peut observer les extrémités libres et qui se déplacent lentement, en se déformant, à l'intérieur du cytoplasme, d'autre part, des travées ou des tractus cytoplasmiques parfois chargés de granulations, et enfin des filaments qui sont des dépendances plastidaires reliant les chloro-



A, *Hookeria lucens*, chondriosomes; B, *Mnium undulatum*, chaînettes de granulations lipoïdiques; C, *Atrichum undulatum*, filaments interplastidaires; D, séparation des chloroplastes-fils; E, *Mnium punctatum*, filaments intervacuolaires.

plastes entre eux et apparemment nées après une division demeurée incomplète.

Parmi ces trois sortes de formations le chondriome est celui qui intervient de la manière la plus discrète, car c'est toujours, semble-t-il, sous forme de filaments, parfois très longs et fins, mais non ramifiés, qu'il se présente dans la feuille des Mousses. En ce qui concerne les travées et tractus

([1]) K. Boresch, *Zeits. f. Bot.*, 60, 1914, Pl. 1, pp. 1-156.

intervacuolaires, ils se signalent par leur réfringence particulière, leur enchevêtrement et la présence fréquente de petites granulations réfringentes à leur niveau; ces granulations peuvent devenir assez nombreuses (divers *Mnium*, *Atrichum*, etc.) pour figurer des chaînettes de grains régulièrement alignés. Ces chapelets de grains avaient déjà été décrits chez le *Mnium undulatum* par F. Schwarz (1889) [3] et interprétés comme des microsomes alignés sur des filaments protoplasmiques. Or, leur coloration en brun par l'eau iodo-iodurée les éloigne des microsomes ordinaires et nous pensons plutôt qu'il s'agit de granulations lipoïdiques du type des lécithines.

Enfin, les formations filamenteuses des Mousses en relation avec les chloroplastes nous paraissent les plus intéressantes; nous les avons observées particulièrement chez l'*Atrichum undulatum*, mais nous pensons qu'ils existent ailleurs comme chez les *Mnium*; il s'agit de filaments incolores qui sont reliés à certains chloroplastes par une base élargie; on peut les suivre sur une grande distance et ils passent au-dessous de certains autres chloroplastes par rapport auxquels ils se déplacent. Dans les cellules jeunes dont les chloroplastes sont peu nombreux, on les voit nettement réunir deux plastes entre eux, tandis que dans les cellules adultes, il est difficile de les suivre d'un plaste à l'autre par suite de leur grande longueur et de leur enchevêtrement. Ces filaments rattachés à des plastes ne nous paraissent pas pouvoir être interprétés autrement que comme des tractus persistant entre des chloroplastes-fils à la suite de la division. Ce ne sont pas, comme certains auteurs l'ont supposé, des voies de cheminement tracées d'avance pour le déplacement des plastes, ni des prolongements du *peristromium* des chloroplastes au sens de Senn (1908). Ils sont comparables à ces prolongements plastidaires dont l'un de nous a déterminé la formation expérimentale chez les plastes vésiculisés, et qui sont formés par la paroi plastidaire démesurément étirée [4].

BIOLOGIE. — *L'acide allenolique et ses dérivés.*

Note de MM. **Robert Courrier**, **Alain Horeau** et **Jean Jacques**.

Nous avons présenté récemment un nouvel œstrogène artificiel de grande activité [1]. Les méthodes mises en œuvre pour sa préparation chimique ont été publiées dans une Note préliminaire [2]. Il s'agit d'un acide amphihydroxy-naphtyl-β propionique substitué, dont on trouvera la formule de constitution

---

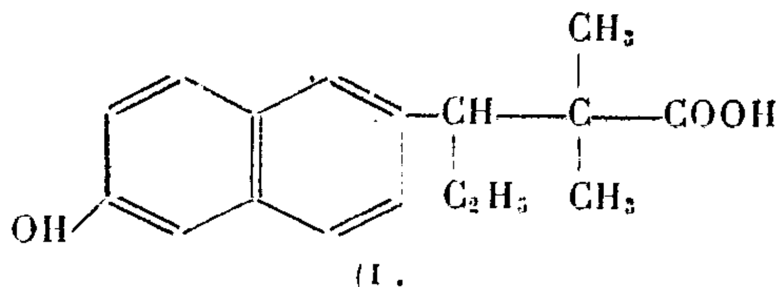
(3) *Cohns Beitr.*, **5**, 1889, p. 134.

(4) P. Dangeard, *Le Botaniste*, **31**, 1942, pp. 189-268.

(1) *C. R. Soc. Biol.*, **141**, 1947, p. 159.

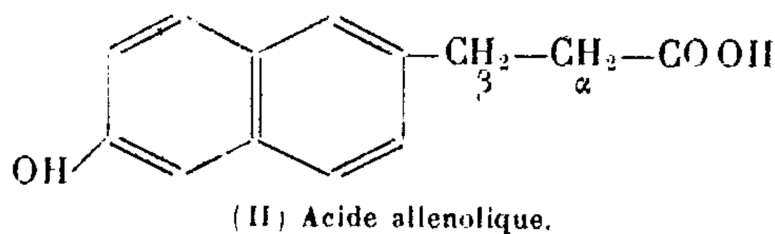
(2) A. Horeau et J. Jacques, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 862.

en (I).



(I).

Nous proposons d'appeler l'acide amphihydroxy-naphtyl-β propionique : *acide allenolique* (II), pour rendre hommage à la mémoire du grand biologiste américain E. Allen. Notre substance s'appellera alors l'acide αα-diméthyl-β éthyl allenolique.



(II) Acide allenolique.

Nous avons poursuivi l'étude biologique de cet œstrogène artificiel, et nous avons étudié quelques autres dérivés de l'acide allenolique. Nous résumons ici les résultats obtenus.

On administre, par voie sous-cutanée ou par voie digestive, une solution huileuse d'acide diméthyléthylallenolique à des femelles adultes de Rat, castrées et au repos sexuel. On pratique la technique des frottis vaginaux, et l'on ne considère comme positifs que les frottis constitués uniquement par des cellules kératinisées sans noyau. En injectant sous la peau de chaque animal, en une seule fois, 1^{γ} de la substance contenue dans 1^{cm^3} d'huile, nous avons obtenu 9 résultats positifs sur 16 Rats traités. Le $1/2\,\gamma$ nous a fourni une seule réponse positive sur 15 animaux; cependant chez plusieurs d'entre eux, les modifications du frottis indiquaient une activité nette, mais subliminaire (mélange de cellules kératinisées et de cellules nucléées, avec rares leucocytes).

Administrée par la sonde œsophagienne, la substance conduit à des résultats semblables : avec 1^{γ} en une fois, nous avons noté 3 résultats positifs sur 6 animaux.

Nous avons essayé aussi l'éther méthylique de l'acide diméthyléthylallenolique, soit en injection sous-cutanée dans l'huile, soit par voie digestive dans l'eau. Cet éther est un peu moins actif que la forme phénolique; le gamma ne nous a pas apporté de résultat positif, il a fallu pour cela $1^{\gamma},5$: ainsi, une dose de $1^{\gamma},5$, en solution aqueuse, administrée en une fois par la bouche, a donné 3 résultats positifs sur 4 Rats; 2^{γ} ont fourni 5 réponses positives sur 5 animaux.

A titre de comparaison, nous avons dosé sur les Rats de notre laboratoire, un échantillon d'acide bisdéhydrodoisynolique, aimablement fourni par M. K. Miescher. En solution huileuse, par voie sous-cutanée, une seule injection de 1^{γ} par animal a donné 14 réponses positives sur 18 animaux; le $1/2\,\gamma$ fourni 3 résultats positifs sur 9 Rats. En solution aqueuse, par sonde

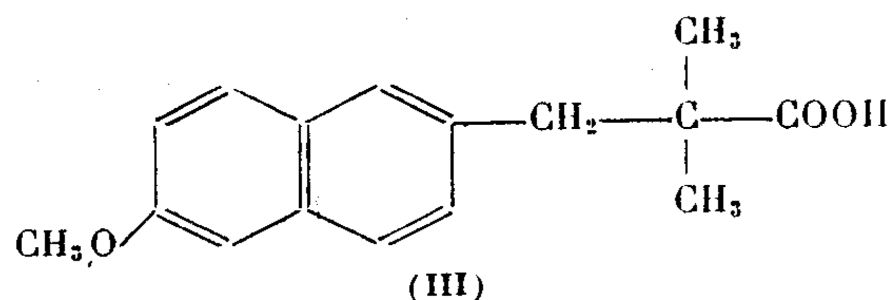
œsophagienne, nous avons enregistré 3 réponses positives sur 4 Rats ayant reçu 1^{γ} chacun.

Ainsi, notre substance, qui s'est montrée plus active que l'œstradiol, l'est un peu moins que le corps de Miescher.

Nous avons étudié les autres propriétés de l'acide diméthyléthylallenolique. Il agit sur l'utérus à la manière de tout œstrogène, sensibilisant par exemple l'endomètre de la Lapine à l'action de la progestérone. Nous avons injecté une dose quotidienne de 100^{γ} à des petits Chats mâles et femelles, âgés de trois semaines; le traitement a duré de 10 à 20 jours. La croissance fut normale. Les femelles traitées avaient un utérus très hypertrophié, en pleine phase folliculaire; leur épithélium vaginal était très élevé et recouvert d'une épaisse couche cornée. La différence était considérable avec les organes témoins. Nous avons montré autrefois ([3]) que les annexes du Chat mâle, impubère ou castré, répondent d'une façon particulière aux œstrogènes naturels : les glandes prostatiques et bulbo-uréthrales ont des acini qui se développent considérablement et qui sécrètent ([4]); l'épithélium de l'urèthre réagit sur toute sa longueur comme le vagin de la femelle. Le nouvel œstrogène artificiel que nous présentons provoque chez le Chat mâle des transformations identiques à celles que nous avons obtenues avec l'œstradiol.

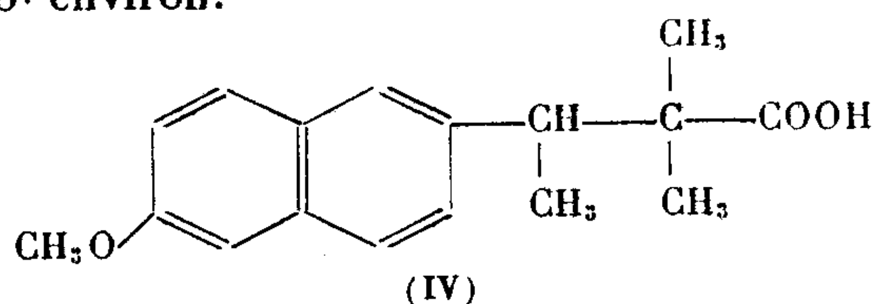
Parmi les autres dérivés de l'acide allenolique, nous avons étudié jusqu'à présent les corps suivants :

a. L'éther méthylique de l'acide αα-diméthylallenolique (III). Il ne nous a pas donné de résultat franchement positif à la dose de 1^{mg}.



(III)

b. L'éther méthylique de l'acide triméthylallenolique (IV). Il est encore actif à la dose de 10^{γ} environ.



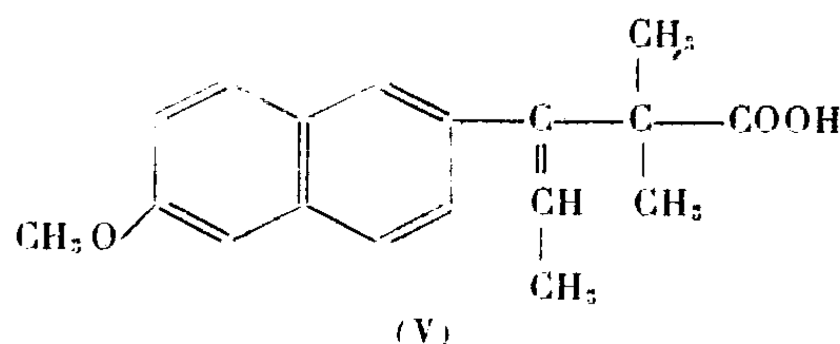
(IV)

c. L'éther méthylique de l'acide αα-diméthyl-β-éthylidène-allenolique (V).

([3]) R. Courrier et G. Gros, *C. R. Soc. Biol.*, **129**, 1938, p. 8.

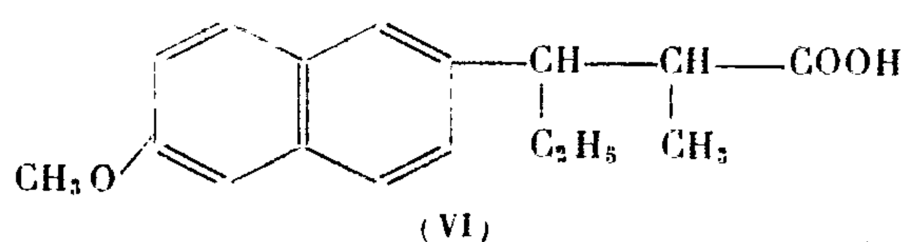
([4]) Les cellules épithéliales des glandes prostatiques ont un aspect clair particulier.

Il est actif à des doses comprises entre 25 et 50γ.



(V)

d. L'éther méthylique de l'acide α-méthyl-β-éthyl-allenolique (VI); il s'agit de l'un des deux racémiques isomères possibles. Il est très actif à 100γ, et ne l'est plus à 10γ.

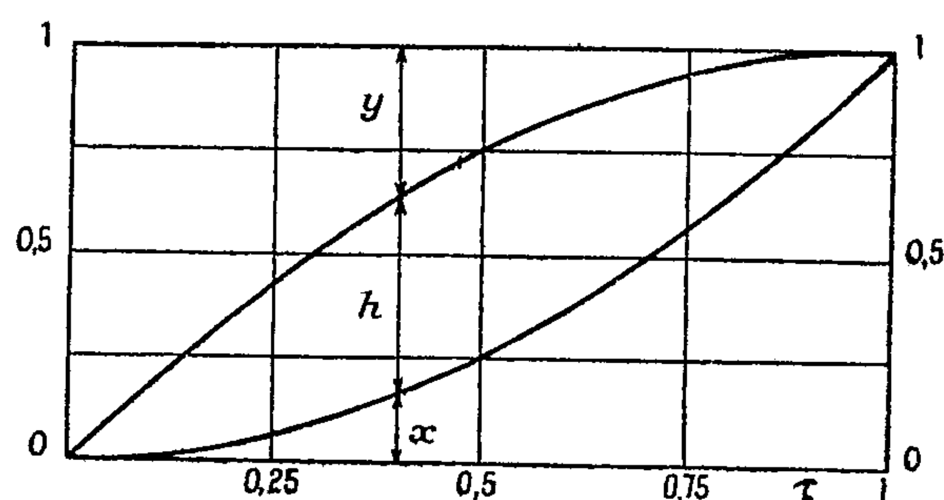


(VI)

Conclusion. — Certains dérivés du corps dénommé par nous *acide allenolique* ont des propriétés œstrogènes. L'acide diméthyléthylallenolique est un œstrogène artificiel de grande puissance, aussi efficace par voie digestive qu'en injection sous-cutanée.

GÉNÉTIQUE. — *Remarques sur une formule usuelle.*
Note de M. **Robert Esnault-Pelterie.**

Étant donnée une population composée d'individus homozygotes AA et BB produisant des hybrides AB, il est classique d'écrire sa composition a^2 homozygotes A, b^2 homozygotes B, $2ab$ hybrides; les minuscules représentant des nombres. Partant de là on développe de longues discussions purement verbales (tout au moins dans les documents qui sont venus à ma connaissance) pour aboutir entre autres aux conclusions suivantes : 1° la répartition indiquée se maintient à travers les générations; 2° un allèle avantageux peut, à la longue, éliminer un allèle moins avantageux.



Avant d'avoir eu connaissance de ces documents, j'avais mis sur pied une discussion analogue dans le cadre de l'analyse mathématique; après leur lecture, certains de ses résultats me semblent avoir conservé leur intérêt.

Au lieu de parler d'individus, ce qui n'a pas le même sens selon qu'il s'agit d'êtres unicellulaires ou de métazoaires produisant chacun un nombre énorme de gamètes, je dénombrerai les gamètes eux-mêmes.

Soient donc, en présence, n catégories d'homozygotes AA, BB, CC, ..., NN (gamètes femelles italiques, mâles romains), et les produits de leurs croisements libres. A un instant donné, ils produisent les proportions suivantes de *gamètes :*

$$(1) \qquad a+b+c+\ldots+n=1,$$

$$(1') \qquad \mathrm{a}+\mathrm{b}+\mathrm{c}+\ldots+\mathrm{n}=1.$$

Si nous supposons que toutes les unions offrent la même probabilité, elles vont se réaliser dans les proportions

$$(2) \qquad a(\mathrm{a}+\mathrm{b}+\ldots+\mathrm{n})+b(\mathrm{a}+\mathrm{b}+\ldots+\mathrm{n})+\ldots+n(\mathrm{a}+\mathrm{b}+\ldots+\mathrm{n})=1.$$

Cette formule montre immédiatement qu'après une série de fécondations *en parallèle*, la répartition des gamètes femelles n'aura pas changé. Un échange entre les lettres italiques et les lettres romaines donne le même résultat pour les gamètes mâles. *Mais ceci sous la condition restrictive que les probabilités des diverses unions soient égales.* La discussion verbale ne mentionne pas cette restriction.

Notre hypothèse de croisements postulant qu'il s'agit d'homozygotes très voisins, les conditions générales de l'acte sexuel dans le même milieu varient fort peu d'un individu à l'autre; l'égale probabilité se ramènera donc à une égale affinité sexuelle des différentes unions possibles. Cette affinité dépendant d'un chimiotropisme délicat entre gamètes et, souvent, de contingences d'appétence sexuelle encore plus délicates entre individus, il semble bien qu'une telle égalité n'ait guère de chances de se trouver satisfaite et la stabilité annoncée semble fort aléatoire.

Notons au passage que l'expression (2) équivaut à

$$(3) \qquad (a+b+c+\ldots+n)(\mathrm{a}+\mathrm{b}+\mathrm{c}+\ldots+\mathrm{n})=1:$$

un ensemble de fécondations en parallèle peut donc se représenter par le produit de deux polynomes du premier degré, d'autant de termes qu'il y a d'homozygotes distincts en présence.

Cas où l'on ne considère que deux catégories d'homozygotes. — Nous les représenterons par A et B, sans nous préoccuper de dominance éventuelle, puisqu'un caractère récessif se transmet aussi bien à l'état latent qu'à l'état patent. Nos formules se réduiront à

$$(4) \qquad (a+b)(\mathrm{a}+\mathrm{b})=a\mathrm{a}+b\mathrm{b}+a\mathrm{b}+b\mathrm{a}=1;$$

toujours sous l'hypothèse d'égales affinités sexuelles et avec stabilité corrélative de répartition.

Changeons notre écriture en posant

(5.5') $$a - b = \Delta, \qquad \mathrm{a} - \mathrm{b} = \delta;$$

comme nous avons toujours

(6.6') $$a + b = 1, \qquad \mathrm{a} + \mathrm{b} = 1,$$

il en résulte

(7.7'.7''.7''') $$a = \frac{1}{2} + \frac{\Delta}{2}, \qquad b = \frac{1}{2} - \frac{\Delta}{2}, \qquad \mathrm{a} = \frac{1}{2} + \frac{\delta}{2}, \qquad \mathrm{b} = \frac{1}{2} - \frac{\delta}{2}.$$

Nous aurons, après un ensemble de fécondations en parallèle,

$$(\mathrm{I})\ \begin{cases} a\mathrm{a} = \frac{1}{4} + \frac{\Delta}{4} + \frac{\delta}{4} + \frac{\Delta\delta}{4}, \\ a\mathrm{b} = \frac{1}{4} + \frac{\Delta}{4} - \frac{\delta}{4} - \frac{\Delta\delta}{4}, \\ b\mathrm{a} = \frac{1}{4} - \frac{\Delta}{4} + \frac{\delta}{4} - \frac{\Delta\delta}{4}, \\ b\mathrm{b} = \frac{1}{4} - \frac{\Delta}{4} - \frac{\delta}{4} + \frac{\Delta\delta}{4}; \end{cases}$$

étudions d'abord le cas simple où Δ et δ sont égaux :

$$(\mathrm{II})\ \begin{cases} a\mathrm{a} = \frac{1}{4} + \frac{\delta}{2} + \frac{\delta^2}{4}, \\ a\mathrm{b} = \frac{1}{4} - \frac{\delta^2}{4}, \\ b\mathrm{a} = \frac{1}{4} - \frac{\delta^2}{4}, \\ b\mathrm{b} = \frac{1}{4} - \frac{\delta}{2} + \frac{\delta^2}{4}. \end{cases}$$

Remarque. — La distribution des gamètes satisfait *nécessairement* aux conditions (5-6-7); pour celle des homozygotes, nous aurons

(8-8'-8'') $$a\mathrm{a} - b\mathrm{b} = \delta = a - b = \mathrm{a} - \mathrm{b},$$

(9-9'-9'') $$a\mathrm{a} + b\mathrm{b} = 1 - (a\mathrm{b} + b\mathrm{a}) = \delta + 2.b\mathrm{b}.$$

Hors du cas résultant d'une série de fécondations en parallèle à affinités égales, la somme (9) peut varier de 1 à δ; un δ déterminé peut donc correspondre à une distribution différente de celle de (II). C'est notamment ce qui se produira si les affinités sont inégales.

Si l'on partait artificiellement d'une telle distribution *anormale*, et dans le cas d'égales affinités, la première série de fécondations établirait d'un seul coup la distribution *normale* qui se perpétuerait.

Cas des affinités inégales avec $\Delta = \delta$. — Considérons une génération qui possède un $a\mathrm{a} - b\mathrm{b} = \delta$ déterminé. Ce δ va, eu égard aux affinités inégales, déterminer dans la génération immédiatement suivante, une distribution diffé-

rente de (II), c'est-à-dire un nouveau δ, et ce coefficient va ainsi varier progressivement de génération en génération.

Changeons encore de variable en posant

$$\tau = \frac{1}{2} + \frac{\delta}{2}, \tag{10}$$

τ variant de 0 à 1 quand δ varie de $-1/2$ à $+1/2$; le système (II) va ainsi devenir

$$\text{(III)} \quad \begin{cases} a\mathrm{a} = x = \tau^2, \\ a\mathrm{b} = \dfrac{h}{2} = \tau - \tau^2, \\ b\mathrm{a} = \dfrac{h}{2} = \tau - \tau^2, \\ b\mathrm{b} = y = (1-\tau)^2, \end{cases}$$

et nous pourrons figurer la distribution des deux races x et y, ainsi que de leurs hybrides h en fonction de cette nouvelle variable τ.

On voit qu'au fur et à mesure que τ augmente, un des homozygotes, x par exemple, gagne sur l'autre, d'abord *insidieusement* par l'intermédiaire des hybrides, puis, sur les hybrides eux-mêmes et finit par éliminer entièrement les homozygotes préexistants.

C'est bien le résultat annoncé, mais avec des précisions que la discussion verbale ne saurait fournir.

Dans une communication ultérieure, j'examinerai la possibilité de lier la variable τ au temps.

MICROBIOLOGIE. — *Les complexes antagonistes des filtrats de* Penicillium notatum, *d'*Actinomyces griseus, *de* B. subtilis *et leur action* in vitro *sur le virus de la vaccine*. Note (¹) de MM. **Gaston Ramon** et **Rémy Richou**.

Après les beaux travaux de Fleming, de Chain et de Florey d'un côté, de Waksman et de ses associés de l'autre, qui ont abouti à la découverte de la pénicilline, de la streptomycine et de maintes substances antibiotiques douées de propriétés bactériostatiques et bactéricides, il était indiqué de rechercher quel est l'effet de ces substances sur les ultravirus. Il n'y fut pas manqué et il a été révélé par divers auteurs que la pénicilline, la streptomycine, isolées et purifiées pour l'usage thérapeutique, n'ont *in vitro* aucune action notable, même à très fortes doses, sur divers ultravirus (²) et en particulier

(¹) Séance du 12 mai 1947.

(²) Voir par exemple, P. Remlinger et J. Bailly, *Bull. Acad. de Méd.*, **130**, 1946, p. 102, pour le virus de la rage; P. Manil, *Annales de l'Institut Pasteur*, **73**, 1947, p. 294, pour celui de la mosaïque du tabac, etc.

sur celui de la vaccine ([3]), pas plus qu'elles n'en ont sur les exotoxines ([4]). En est-il de même des filtrats *bruts* de culture de *Penicillium notatum*, d'*Actinomyces griseus*, de *B. subtilis* d'où sont extraites respectivement la pénicilline, la streptomycine, la subtiline?

Les filtrats en question peuvent renfermer, on le sait, en dehors du principe antibiotique qui caractérise chacun d'eux, des principes antidotiques que nous avons mis en évidence récemment ([5]), ainsi que des principes diastasiques de diverses sortes, séparés ou réunis dans le même fitrat, ces différents principes étant capables, d'une part d'agir *in vitro* selon des modes variés, sur les bactéries pathogènes ou leurs poisons et, d'autre part de jouer un rôle plus ou moins important dans la lutte contre les infections et les toxi-infections ([6]). Aussi le contenu de ces filtrats mérite-t-il la dénomination de *complexe antagoniste* que nous lui donnons.

Déjà Remlinger et Bailly ont fait connaître ([7]) que le virus rabique de la substance nerveuse est détruit rapidement par le filtrat de *B. subtilis* à la température de 38°.

Dans divers essais, nous avons étudié de notre côté l'influence des filtrats de culture de *Penicillium notatum*, d'*Actinomyces griseus* et de *B. subtilis* sur le virus vaccinal (récolté chez la Génisse) tel qu'il est employé en France pour la vaccination antivariolique.

Disons-le tout de suite, les filtrats de *Penicillium* et d'*Actinomyces* dont nous nous sommes servis jusqu'ici n'ont eu sur le virus Jennerien qu'une influence difficilement appréciable; nous reprenons ces essais dans d'autres conditions.

Par contre, nous avons obtenu, dans des expériences plusieurs fois répétées, des résultats probants quant à l'activité *virulicide* des filtrats de culture de *B. subtilis* sur le virus de la vaccine.

Voici, par exemple, l'une de nos expériences :

On dilue dans 9^{cm^3} d'eau physiologique, 1^{cm^3} de pulpe vaccinale très active ([8]). On prépare ensuite des mélanges renfermant tous 1^{cm^3} de la dilution de pulpe vaccinale

---

([3]) JOHN A. KOLMER et ANNA M. RULE, *Proc. of the Soc. for exp. Biol and Medecine*, 63, 1946, p. 376; J.-E. MORIN et H. TURCOTTE, *Société française de Microbiologie*, séance du 9 janvier 1947 (sous presse in *Annales Institut Pasteur*); ROBERT FASQUELLE, *C. R. Soc. de Biologie*, **131**, 1947, p. 37.

([4]) E. NETER et D. WILL, *Journ. of Bact.*, **48**, 1944, p. 261; E. NETER, *Journ, of Inf. Diseas.*, **76**, 1945, p. 20; G. RAMON, et R. RICHOU, *Revue d'Immunologie*, **9**, 1944-1945, p. 198; *id.*, **10**, 1946, p. 10; G. RAMON, C. LEVADITI, R. RICHOU et M^lle J. HENRY, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 82.

([5]) *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 543 et 801; **221**, 1945, pp. 213 et 271; **222**, 1946, pp. 621 et 772.

([6]) G. RAMON et R. RICHOU, *Bull. Acad. Vét.*, Séance du 8 mai 1947 (sous presse).

([7]) P. REMLINGER et J. BAILLY, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 118.

([8]) Qui nous a été fournie par notre Collègue M. Fasquelle.

et 8$^{cm^3}$ de chacun des filtrats de *B. subtilis* choisis pour cette expérience, et un mélange témoin contenant 1$^{cm^3}$ de pulpe et 8$^{cm^3}$ du milieu tel qu'il sert à la culture du *B. subtilis* (à base de milieu Sauton). Au bout de 24 heures d'exposition à l'étuve à la température de 37°, ces mélanges sont éprouvés sur le Lapin. Après avoir rasé la peau de deux lapins (blancs) et délimité sur la surface rasée quatre aires de 5 sur 5^{cm} de côté, on étale sur chacune d'elles, un tiers de centimètre cube de chacun de ces mélanges respectivement; on effectue ensuite une série de grattages superficiels de la peau avec l'extrémité d'une pipette (selon la technique de Calmette et Camus). Si la suspension vaccinale témoin est suffisamment active, on doit observer à partir du 4^{e} jour après l'opération, une éruption avec de nombreuses pustules confluentes sur l'aire qui lui correspond. On note alors par comparaison l'aspect des autres aires : absence ou présence d'éruption, nombre de pustules, etc.

Les détails et les résultats de cette expérience sont rassemblés en un tableau.

	Nombre de pustules constatées sur le Lapin.	
	n° 1.	n° 2.
1$^{cm^3}$ dilution vaccin ; 8$^{cm^3}$ filtrat *subtilis* (45 unités antidotiques)....	0	3
1$^{cm^3}$ dilution vaccin ; 8$^{cm^3}$ filtrat *subtilis* (50 unités antidotiques)....	0	5
1$^{cm^3}$ dilution vaccin ; 8$^{cm^3}$ filtrat *subtilis* (350 unités antidotiques)...	0	5
1$^{cm^3}$ dilution vaccin ; 8$^{cm^3}$ milieu Sauton (mélange témoin).......	nombreuses	très nombreuses

Quoiqu'il y ait dans les résultats observés une légère diversité d'un Lapin à l'autre, diversité en partie imputable à la différence de sensibilité des animaux, souvent constatée en pareil cas, il ressort de cette expérience et d'autres analogues que les filtrats de culture du *B. subtilis* tels que ceux utilisés dans les conditions indiquées sont bien susceptibles d'inactiver, totalement ou presque, le virus de la vaccine.

Un tel effet qui est vraisemblablement de nature enzymatique apparaît à la fois puissant et compliqué si on le compare à celui de la trypsine par exemple. Divers auteurs ont en effet montré que l'activité de la trypsine que l'on fait intervenir sur le vaccin Jennerien se fait surtout sentir sur les débris cellulaires auxquels est plus ou moins intimement lié le virus de la vaccine, tout en respectant en grande partie celui-ci ([9]).

Ajoutons que le pouvoir virulicide des filtrats de subtilis ne semble pas en relation directe avec les propriétés antidotiques, non plus qu'avec les propriétés antibiotiques des mêmes filtrats

([9]) Hirano (*Kitasato*), *Arch. of. Exp. Med.*, 8, 1931, p. 394; Prowazek et Miyai, *Zentral B. f. Bakt.*, 75, 1915, p. 244. On a utilisé ce fait pour faciliter la filtration du virus de la vaccine à travers les bougies de porcelaine (M. Nicolle et Adil Bey, etc.). D'autres auteurs ont employé la trypsine pour purifier le vaccin en le débarrassant ainsi des débris cellulaires (Smadel et Wall).

Ainsi, les complexes antagonistes élaborés, dans certaines conditions, dans les cultures de *B. subtilis*, peuvent être non seulement doués d'un pouvoir antibiotique vis-à-vis de différentes bactéries pathogènes et d'un pouvoir antidotique à l'égard des exotoxines microbiennes, mais encore ils peuvent se montrer capables — au contraire de la pénicilline et de la streptomycine purifiées par exemple — d'exercer, *in vitro*, une action virulicide relativement énergique sur le virus de la vaccine comme sur d'autres ultravirus. Nous poursuivons nos recherches dans le double but d'élucider le mécanisme de cette action et de préciser à la fois la nature des constituants chimiques des virus et le rôle des composants des complexes antagonistes.

M. **Charles Maurain** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage dont il est l'auteur, *Le Climat parisien* (1).

NOMINATIONS.

M. **Robert Courrier** est désigné pour faire une *Lecture* en la séance publique solennelle des cinq Académies, le 25 octobre 1947.

MM. **Albert Caquot** et **Albert Portevin** sont désignés pour représenter l'Académie à la Cérémonie commémorative qui aura lieu à l'occasion du trois-centième anniversaire de la naissance de Denis Papin, le 20 juillet 1947, à la Closerie des Coudraies, à Chitenay, Loir-et-Cher.

CORRESPONDANCE.

M. **Paul-Émile Victor**, chargé par le Gouvernement de la préparation d'Expéditions Polaires Françaises dans l'Arctique et l'Antarctique (1947-1950), sollicite le patronage de l'Académie.

(Renvoi à une Commission composée de MM. Maurice Caullery, Ernest Esclangon, Charles Maurain, Charles Jacob, Louis de Broglie, Georges Durand-Viel, Emmanuel de Martonne, Jean Becquerel, Donatien Cot, Georges Poivilliers.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Léon Bruel et Raoul Lecoq. *L'Homme et l'Alcool.*

---

(1) 163 pages, Paris, *Les Presses Universitaires*, 1947.

ALGÈBRE. — *Élimination dans le corps de Boole et syllogisme.*
Note[1] de MM. **Augustin Sesmat** et **Victor Lalan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. L'élimination de q entre $f(p, q)=0$ et $g(q, r)=0$ ne donne un résultat défini que si l'on précise à quel ensemble F doit appartenir q : la relation résultante $h(p, r)=0$ exprime en effet la condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe au moins un élément q (de F) vérifiant $f(p, q)=0$ et $g(q, r)=0$. Dans le cas présent, p, q, r sont des fonctions de x (x élément générique de l'ensemble quelconque E) prenant leurs valeurs dans le corps B(0, 1); nous exigerons que $q(x)$ *ne se réduise pas à une constante*; nous supposerons d'ailleurs que $p(x)$ et $r(x)$ sont, elles aussi, des applications de E *sur* B (et non *dans* B).

L'élimination étant distributive par rapport à la conjonction, la théorie de l'élimination dans le corps B se ramène à l'examen des couples d'équations premières [2] $a_i(p, q)=1$, $a_k(q, r)=1$, $(i, k=1, 2, 3, 4)$. Toutefois, nous élargirons un peu le problème en considérant aussi les inéquations, et nous envisagerons les couples $a_i(p, q)\not\equiv 1$, $a_k(q, r)=1$; $a_i(p, q)=1$, $a_k(q, r)\not\equiv 1$; $a_i(p, q)\not\equiv 1$, $a_k(q, r)\not\equiv 1$, ce qui fait 64 cas distincts.

A. *Deux équations.* — Les 16 couples d'équations premières se répartissen en 2 catégories, l'une du type $P\overline{Q}=0$, $QR=0$ (où $\overline{Q}=Q+1$), l'autre du type $PQ=0$, $QR=0$. Chaque catégorie contient $2^3=8$ couples différents, qu'on obtient en substituant à P soit p, soit $\overline{p}=p+1$; à Q, soit q, soit $\overline{q}$; à R, soit r, soit $\overline{r}$; d'ailleurs la substitution à Q de q ou de $\overline{q}$ donne évidemment le même résultat.

a. $P\overline{Q}=0$, $QR=0$. — Chacune de ces relations est une relation d'ordre : $P\leqq Q$, $Q\leqq \overline{R}$, d'où $P\leqq\overline{R}$, c'est-à-dire, $PR=0$. Cette condition nécessaire est suffisante, car si elle est remplie, on peut prendre, par exemple, $Q=P$.

b. $PQ=0$, $QR=0$. — Quels que soient P et R, $Q=0$ satisfait les deux équations, mais cette solution n'est pas acceptable. Le système équivaut à l'équation unique $PQR+PQ+QR=0$, ou $Q(PR+P+R)=0$, d'où l'on déduit $PR+P+R\not\equiv 1$, autrement, la seule solution commune serait $Q=0$, que nous rejetons. La condition $PR+P+R\not\equiv 1$ suffit, car alors on pourra prendre $Q=\overline{PR}$.

B. *Une équation et une inéquation.* — Deux cas encore à examiner.

a. $PQ=0$, $QR\not\equiv 0$. — On en déduit $PQR+QR\not\equiv 0$, donc $PR+R\not\equiv 0$. Cela suffit, car on pourra prendre $Q=\overline{P}R$.

b. $PQ=0$, $\overline{Q}R\not\equiv 0$. — P et R ne sont assujetties à aucune condition, car si $\overline{P}R\not\equiv 0$, on pourra prendre $Q=\overline{P}\overline{R}$; si au contraire $\overline{P}\overline{R}=0$, on pourra prendre $Q=\alpha\overline{P}$, où α est une variable dans B indépendante de P; on aura de

(1) Séance du 12 mai 1947.

(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 1043-1045.

la sorte $PQ = 0$, et l'on n'aura pas $\overline{Q}R = 0$, ce qui équivaudrait à $(\alpha\overline{P} + 1)R = 0$ d'où $R \leqq \alpha\overline{P} < \overline{P}$, contrairement à l'hypothèse $\overline{PR} = 0$, ou $\overline{P} \leqq R$.

B'. *Une inéquation et une équation.* — On se ramène évidemment au cas B par permutation de P et R.

C. *Deux inéquations.* — Aucune condition n'en découle pour P et R.

Les résultats de cette étude se résument dans le tableau suivant, où l'on a supprimé la lettre a en n'en conservant que l'indice; l'accent indique la négation de l'équation correspondante; ainsi 2 signifie $a_2 = 1$ et 2', $a_2 \not\equiv 1$; quant à 0, ce signe exprime l'absence de condition résultante.

	1	2	3	4	1'	2'	3'	4'
1	4'	3'	1	2	3'	4'	0	0
2	1	2	4'	3'	0	0	3'	4'
3	2'	1'	3	4	1'	2'	0	0
4	3	4	2'	1'	0	0	1'	2'
1'	2'	1'	0	0	0	0	0	0
2'	0	0	2'	1'	0	0	0	0
3'	4'	3'	0	0	0	0	0	0
4'	0	0	4'	3'	0	0	0	0

Par exemple, à l'intersection de la ligne 1 et de la colonne 1, on lit 4', et cela signifie que l'élimination de q entre $a_1(p, q) = 1$ et $a_1(q, r) = 1$ donne $a_4(p, r) \not\equiv 1$; à la ligne 1 et à la colonne 3, on lit 1, parce que l'élimination de q entre $a_1(p, q) = 1$ et $a_3(q, r) = 1$ donne $a_1(p, r) = 1$.

2. La théorie précédente, appliquée à la composition des relations entre fonctions propositionnelles, fournit une définition rigoureuse de la *conclusion d'un syllogisme*. Nous entendons par là non pas une conséquence quelconque de la conjonction des prémisses, mais la conséquence de détermination maximale, à savoir, la condition nécessaire et *suffisante* pour qu'il existe un moyen terme $q(x)$ (de valeur logique non constante) entretenant avec les extrêmes $p(x)$, $r(x)$ les relations qu'expriment les prémisses. Ainsi, le premier exemple donné plus haut devient : $(x)[\overline{p(x)} \cdot \overline{q(x)}]$ et $(x)[\overline{q(x)} \cdot \overline{r(x)}]$ donne pour conclusion $(\exists x)[\overline{p(x)}.\overline{r(x)}]$. On remarquera que ce syllogisme n'est concluant que parce que l'on a exclu *a priori* les moyens termes identiquement faux. Le second exemple devient : $(x)[\overline{p(x)} \cdot \overline{q(x)}]$ et $(x)[r(x) \supset q(x)]$ a pour conclusion $(x)[\overline{p(x)} \cdot \overline{r(x)}]$.

Le tableau ci-dessus exprime 64 syllogismes, dont 32 seulement sont concluants, à conclusion universelle, ou seulement existentielle; on en déduit d'autres en prenant des prémisses composées, telles que $a_1 a_4 = 1$, ou $a_2 a_3 = 1$, et en tenant compte de la distributivité signalée au n° 1. Les seuls syllogismes

à conclusion universelle, au nombre de 8, sont ceux qui s'appuient sur la transitivité de l'implication; ils sont tous à prémisses universelles. Si les deux prémisses sont simplement existentielles, le syllogisme n'est pas concluant.

TOPOLOGIE. — *Sur les formes harmoniques de certains espaces fibrés.* Note de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Considérons une variété riemannienne à n dimensions V close, orientable, de classe C^r $(r \geqq s)$ dont la métrique peut localement s'écrire

$$(1) \qquad ds^2 = \sum_{i=1}^{i=n} (\omega_i)^2 \qquad (i, j, \ldots = 1, 2, \ldots, n).$$

La variété V est l'espace de base d'un espace fibré E à $(n+q)$ dimensions, clos et orientable. Nous supposons essentiellement que E peut être considéré comme une variété riemannienne de classe C^r et de métrique

$$(2) \qquad d\sigma^2 = \sum_{i=1}^{i=n} (\omega_i)^2 + \sum_{\alpha=1}^{\alpha=q} (\Pi_\alpha)^2 \qquad (\alpha, \beta, \ldots = 1, 2, \ldots, q).$$

Autrement dit la différence entre la métrique (2) et l'image réciproque de (1) sur E peut être réduite localement à une somme de q carrés. Les métriques (1) et (2) permettent de définir sur V et E l'opérateur $\star$ qui à une forme α fait correspondre son adjointe $\star\alpha$ au sens de Hodge-de Rham (¹); d désignant l'opérateur de différentiation extérieure, nous poserons

$$\delta = \star d \star; \qquad d^* = (-1)^{m(p+1)+1}\delta \qquad (m = \dim \text{ V ou E}; \ p = \deg \alpha).$$

Si α est une forme définie sur V, elle admet dans l'espace fibré E une image réciproque que nous notons $\overset{-1}{\varphi}\alpha$. On a manifestement

$$d\overset{-1}{\varphi} = \overset{-1}{\varphi} d.$$

Étudions la commutation des opérateurs d^* et $\overset{-1}{\varphi}$.

2. Désignons par v la forme élément de volume V et posons

$$\Theta = \star\overset{-1}{\varphi} v = \pi_1 \wedge \pi_2 \wedge \ldots \wedge \pi_q.$$

Pour les formes de degré p, on a immédiatement

$$(3) \qquad \star\overset{-1}{\varphi} = (-1)^{(n-p)q}\Theta \wedge \overset{-1}{\varphi}\star.$$

On en déduit par multiplication à gauche par $\star d$

$$\delta\overset{-1}{\varphi}\alpha = (-1)^{(n-p)q}\star d\left[\Theta \wedge \overset{-1}{\varphi}\star\alpha\right].$$

(¹) Cf. par exemple Bidal et G. de Rham, *Comm. Math. Helv.*, 19, 1946, pp. 1-49.

En explicitant la différentielle extérieure qui figure au second membre, il vient

$$\partial\overset{-1}{\varphi}\alpha - (-1)^{q(p-1)}\overset{-1}{\varphi}\,\partial\alpha = (-1)^{n-pq}\star\left[d\Theta\wedge\overset{-1}{\varphi}\star\alpha\right],$$

ce qui conduit pour les opérations d^* et $\overset{-1}{\varphi}$ à la formule de commutation

$$(4)\qquad d^*\overset{-1}{\varphi} - \overset{-1}{\varphi}\,d^* = X;\qquad X\alpha = (-1)^{(n-1)(q+1)-np}\star\left[d\Theta\wedge\overset{-1}{\varphi}\star\alpha\right],$$

3. Dans l'espace E, les formules de Frenet s'écrivent

$$d\vec{P} = \Sigma\,\omega_i\vec{e}_i + \Sigma\,\Pi_\alpha\vec{e}_\alpha,\qquad d\vec{e}_i = \Sigma\,\omega_{ij}\vec{e}_j + \Sigma\,\omega_{i\beta}\vec{e}_\beta;\qquad d\vec{e}_\alpha = \Sigma\,\omega_{\alpha j}\vec{e}_j + \Sigma\,\omega_{\alpha\beta}\vec{e}_\beta.$$

où

$$(5)\qquad d\omega_i = \Sigma\,\omega_j\wedge\omega_{ji} + \Sigma\,\Pi_\beta\wedge\omega_{\beta i},$$

$$(6)\qquad d\Pi_\alpha = \Sigma\,\omega_j\wedge\omega_{j\alpha} + \Sigma\,\Pi_\beta\wedge\omega_{\beta\alpha}.$$

Il résulte de (5) que les $\omega_{\beta i}$ sont des combinaisons linéaires des ω_i. On en déduit, d'après (6), que $d\Theta$ est de degré 2 par rapport aux ω_i et de degré $(q-1)$ par rapport aux Π_α. Par suite, quelle que soit α de degré 1 définie sur V, $X\alpha = 0$.

Il est alors clair que *toute forme harmonique de degré 1 sur V a pour image réciproque une harmonique sur* E. Si R_p et P_p désignent respectivement les p^{s} nombres de Betti de V et E, on a toujours, dans les hypothèses du paragraphe 1,

$$R_1 \leqq \rho_1.$$

4. Pour que l'opérateur X soit nul, il faut et il suffit que $d\Theta = 0$, c'est-à-dire que la forme Θ soit *harmonique* sur E. Cette condition est équivalente à la suivante d'après (6) : le système $\Pi_\alpha = 0$ est complètement intégrable; autrement dit l'élément linéaire de E peut s'écrire à l'aide des paramètres locaux

$$(7)\qquad d\sigma^2 = g_{ij}(x)\,dx^i dx^j + g_{\alpha\beta}(x,\xi)\,d\xi^\alpha d\xi^\beta,$$

où le premier terme est l'élément linéaire de V. De la nullité de X, il résulte alors que toute forme non homologue à zéro sur V a pour image réciproque une forme non homologue à zéro sur E. *Toute forme* α *harmonique sur* V *a pour image réciproque une forme harmonique sur* E et $\Theta\wedge\overset{-1}{\varphi}\alpha$ est aussi harmonique. Ainsi

$$(8)\qquad R_p \leqq \rho_p\qquad (p = 0, 1, \ldots, n).$$

Un cas trivial est celui où V est localement euclidien et où par exemple E est l'espace des vecteurs unitaires tangents. L'inégalité de Leray ([2]), jointe à (8), montre immédiatement que les nombres de Betti de E sont égaux à ceux du produit topologique de V par la sphère S_{n-1}.

5. Des considérations analogues sont valables si V et E sont des variétés hermitiques.

([2]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 396.

ASTRONOMIE. — *Une nouvelle théorie de la formation des queues des comètes.* Note (¹) de M. **Constantin Popovici.**

La théorie du célèbre astronome Brédékine, devenue classique (²), peut être soumise à des objections. L'auteur suppose qu'à proximité du Soleil, sous l'influence de la pression de la lumière, les particules se détachent du noyau, en des points quelconques de la trajectoire de celui-ci et sont émises avec des vitesses arbitraires. L'auteur suppose ensuite trois vitesses initiales pour faire le calcul de la trajectoire de la particule, indépendantes de la comète et attribue à la particule une trajectoire képlérienne.

Ainsi donc : 1° La pression de la lumière ne s'exercerait pas sur *toute* la trajectoire, mais seulement après un instant que l'on ne connaît pas et à un endroit inconnu. 2° Il n'y aurait aucune liaison entre la grandeur et la constitution physique, ou la trajectoire du noyau. 3° Tout se passe comme si le noyau n'avait pas d'atmosphère. 4° Les vitesses initiales relatives ne dépendent pas non plus du noyau, ni de la distance de la particule au Soleil. 5° Les trajectoires de ces petites particules qui forment la queue seraient képlériennes, et notons qu'il s'agit de particules de l'ordre du micron et encore moins du moment que l'auteur suppose que la pression de la lumière est comparable avec l'action de la gravitation.

Nous tiendrons compte que les queues des comètes ne sont pas formées de particules collées au noyau et qui se détachent *ad libitum*, mais au contraire de particules libres, presque entièrement gazeuses; nous tiendrons compte de l'influence de la distance du noyau et de la particule au Soleil et, surtout, du fait que la pression de la lumière s'exerce avec une vitesse finie, ce qui rend les trajectoires non képlériennes, en spirales tendant vers des cercles, avec consommation d'énergie et variation des périodes de révolution. Il nous en résultera une explication de la dissociation des comètes, une réponse à la question : quelle est la destinée de cette poussière cométaire et des moyens de déceler des cas où l'on ne peut nier que l'origine de telle comète a été dans la masse solaire ?

Force photogravifique d'un soleil et trajectoire d'une particule. — Nous avons montré (²) que la force résultante newtonienne et maxwellienne

---

(¹) Séance du 21 avril 1947.

(²) B. Baillaud, *Traité d'Astronomie*, **2**, pp. 212-214 et 255-263; d'après Brédékine, *Annales de l'Observatoire de Moscou*, 1890; *Bull. Astr.*, Mémoires, Paris, **3**, 1923, pp. 257-261; voir aussi *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 2052; **210**, 1940, pp. 39-42; **210**, 1940, p. 138; **218**, 1944, p. 784; **219**, 1944, p. 114; Jean Chazy, **209**, 1939, p. 134; **210**, 1940, p. 713, et *Bull. Astr.*, **11**, 1938, pp. 361-375; M. Zagar, *Memorie della Soc. Ast. It.*, **13**, II, 1939, p. 1, et M. Armellini, 1937, plusieurs Notes, *Acc. Lincei*, propose la loi (1) pour remplacer celle de Newton.

appliquée à une particule a l'expression

$$(1)\qquad F = -\frac{k}{r^2}\left(1 + \varepsilon\frac{dr}{dt}\right), \qquad k = A - R, \qquad \varepsilon = \frac{R}{c},$$

A attraction, R répulsion à l'unité de distance, c vitesse de la lumière. Il en résulte la trajectoire

$$(2)\qquad \frac{p}{r} = 1 + \eta\cos\sqrt{1 - \alpha^2}(\theta - \theta_0), \qquad \eta = \eta_0 e^{-\alpha\theta}, \qquad \alpha = \frac{\varepsilon k}{2C},$$

C constante des aires, $p = C^2/k$, $k = fm_0(1 - R/A)$, $R = A\varphi\pi\rho\delta$, dépendant de l'albédo, ρ diamètre, δ densité de la planète. Si nous négligeons l'attraction du noyau (comme le fait Brédékine), alors chaque particule décrira des spires, elliptiques si $\eta_0 e^{-\alpha(\theta+2\pi)} < 1$, tendant vers un cercle limite de rayon p et respectant pour chaque petite portion d'arc la troisième loi de Képler ([3]). Ainsi, si l'on connaît les conditions initiales de la comète, on aura un faisceau de trajectoires différant suivant le rapport R/A. Le lieu géométrique des positions des particules, à un instant t nous donnera la figure de la queue cométaire à cet instant.

Origine des comètes. Choix des conditions initiales. Y a-t-il des comètes qui ont leur origine dans la masse solaire? — Déroulant en sens inverse l'histoire de la marche de la comète jusqu'au dernier tour où l'excentricité, qui croît, traverse la valeur *un*, la dernière périhélie nous donnera la valeur la plus voisine du Soleil que la comète pouvait avoir. Si cette valeur est plus petite que le rayon du globe solaire, il est certain que la comète est une émanation du Soleil. Dans une prochaine Note, nous ferons le choix des conditions initiales et donnerons un procédé graphique pour tracer la queue des comètes.

CHALEUR. — *Extension de la méthode de Fourier à l'étude des systèmes complexes dans lesquels certains milieux sont séparés par une résistance de passage.* Note ([1]) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

La méthode générale de calcul d'un développement de Fourier, pour la solution d'un problème de refroidissement repose, comme on sait, sur la considération de l'*identité*

$$(1)\qquad m\iiint_{\mathcal{V}} c\rho\varphi\psi\,d\tau = \iiint_{\mathcal{V}} \lambda\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\frac{\partial\psi}{\partial x} + \frac{\partial\varphi}{\partial y}\frac{\partial\psi}{\partial y} + \frac{\partial\varphi}{\partial z}\frac{\partial\psi}{\partial z}\right)d\tau + \iint_{\Sigma} h\varphi\psi\,d\sigma,$$

symétrique en φ et ψ. c, ρ, λ désignent respectivement la chaleur spécifique, la densité, la conductivité de chaque milieu; h est le coefficient de passage de la chaleur vers l'extérieur; φ est la fonction de coordonnées, supposée *continue*,

([3]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 723.

([1]) Séance du 21 avril 1947.

appartenant à la *solution simple* $\varphi(x, y, z)e^{-mt}$ de l'équation de la chaleur; ψ est une fonction *continue* quelconque; $\mathcal{V}$ est le volume occupé par l'ensemble du système; Σ est l'ensemble des surfaces extérieures; $d\tau$ et $d\sigma$ sont respectivement les éléments de volume et de surface.

Pour établir l'identité (1), on part de l'équation de la chaleur où l'on a substitué à la température, la *solution simple* φe^{-mt}. On intègre après multiplication par $\varphi d\tau$; on fait apparaître des termes symétriques en φ et ψ et l'intégrale $\iint \lambda\psi(\partial\varphi/\partial n)\,d\sigma$ prise sur *toutes* les surfaces limitant un milieu. D'après les conditions aux limites et la continuité supposée de ψ, les portions de surface *en regard* relatives à deux milieux contigus donnent une participation *nulle* : de part et d'autre de la surface de séparation, ψ a la même valeur, et $\partial\varphi/\partial n$ est compté successivement en sens contraires dans les deux milieux le long de la surface de séparation. Il ne reste donc que les éléments relatifs aux surfaces *extérieures*, où, d'après la définition du coefficient de passage, $\lambda(\partial\varphi/\partial n)$ se remplace par $-h\varphi$, d'où l'identité (1).

Si nous essayons de *styliser*, en une simple *résistance de passage*, un milieu très *mince* et *peu* conducteur, interposé entre deux corps A_1 et A_2, la température ψ, du fait du flux qui traverse la résistance de passage R par unité de surface pendant le refroidissement, *ne serait plus continue* de A_1 à A_2, les surfaces contiguës de A_1 et A_2 ne donneraient plus une participation nulle, et l'identité (1) *ne serait plus* démontrée.

Mais observons que la discontinuité de ψ résulte de la formule

$$\psi_2 = \psi_1 + \lambda R\left(\frac{\partial\psi}{\partial n}\right)_1$$

qui met en évidence la différence de température provenant de la traversée, par le flux $-\lambda(\partial\psi/\partial n)$, de la résistance thermique R.

Aux deux éléments superficiels $d\sigma$, *en regard* sur A_1 et A_2, correspondent donc, dans ladite intégrale, les termes

$$\lambda\psi_1\left(\frac{\partial\varphi}{\partial n}\right)_1 d\sigma \qquad \text{et} \qquad \lambda\left[\psi_1 + \lambda R\left(\frac{\partial\psi}{\partial n}\right)_1\right]\left[-\left(\frac{\partial\varphi}{\partial n}\right)_1\right] d\sigma,$$

ce qui donne la participation

$$-\lambda^2 R\,\frac{\partial\psi}{\partial n}\,\frac{\partial\varphi}{\partial n}\,d\sigma.$$

L'identité (1 *bis*), qui remplace l'identité (1), comportera donc un terme de plus

$$\text{(1 bis)}\qquad m\iiint_{\mathcal{V}} c\rho\varphi\psi\,d\tau = \iiint_{\mathcal{V}} \lambda\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\frac{\partial\psi}{\partial x} + \frac{\partial\varphi}{\partial y}\frac{\partial\psi}{\partial y} + \frac{\partial\varphi}{\partial z}\frac{\partial\psi}{\partial z}\right)d\tau + \iint_{\Sigma'} \lambda^2 R\,\frac{\partial\varphi}{\partial n}\,\frac{\partial\psi}{\partial n}\,d\sigma + \iint_{\Sigma} h\varphi\psi\,d\sigma.$$

Σ' représente, comptées une fois, les portions de surface contiguës entre deux milieux séparés par la résistance de passage.

Le calcul de Fourier *n'utilise*, de l'identité (1), *que* sa symétrie en φ et ψ. L'identité (1 *bis*), différente mais présentant *la même* propriété, permet *la même* conclusion.

L'introduction d'une *résistance de passage*, dans un système complexe, est donc une stylisation *a priori* permise.

MAGNÉTISME. — *Sur l'aimantation rémanente isotherme du sesquioxyde de fer.* Note (¹) de Mlle **Juliette Roquet**, présentée par M. Charles Maurain.

Poursuivant l'étude des propriétés magnétiques du sesquioxyde de fer, $Fe_2O_3\alpha$, stabilisé (²) (³), j'ai entrepris, sur son aimantation rémanente isotherme, des recherches analogues à celles que E. Thellier a effectuées sur les terres cuites (⁴). Grâce à la bienveillance de M. le Professeur Cotton, j'ai pu utiliser le grand électro-aimant de l'Académie des Sciences et atteindre ainsi des champs élevés, jusqu'à 32 300 Γ.

Dans une première série d'essais, j'ai déterminé les aimantations rémanentes conservées après des cycles symétriques pour différentes valeurs croissantes du champ magnétique, dans les conditions suivantes : l'échantillon 4 (²) est soumis à un champ dont on fait varier l'intensité entre les valeurs $+H$ et $-H$ et, après plusieurs alternances, il est laissé dans le champ $+H$ pendant une minute; ce champ est alors supprimé et deux heures plus tard, environ, on mesure l'aimantation spécifique σ_r de l'échantillon, toutes ces opérations étant faites à la température ordinaire.

Pour des champs H de quelques centaines de gauss, on ne décèle pas de rémanence ; celle-ci n'est bien mesurable qu'à partir de l'essai correspondant à $H = 815\,\Gamma$ pour lequel on a $\sigma_r = 10^{-4}$ u. e. m. (⁵). La courbe $\sigma_r = f(H)$ est celle d'un ferromagnétique extrêmement dur. Elle présente une partie parabolique initiale et montre une tendance à la saturation dans les champs très forts. Le point d'inflexion est vers 14 000 Γ et dans le champ de 32 000 Γ il n'y a pas encore saturation complète; on a alors $\sigma_r = 1070.10^{-4}$ u. e. m. On notera la faiblesse de ces aimantations comparées à celles des ferromagnétiques vrais. Il serait intéressant de comparer ces résultats à ceux obtenus par R. Chevallier et S. Mathieu (⁶) qui ont donné des courbes de première aimantation et d'hysté-

(¹) Séance du 12 mai 1947.

(²) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 727-729.

(³) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 1288-1290.

(⁴) *Thèse*, Paris, 1938 et *Ann. Institut de Phys. du Globe*, Paris, **16**, 1938, pp. 157-302 (voir p. 251).

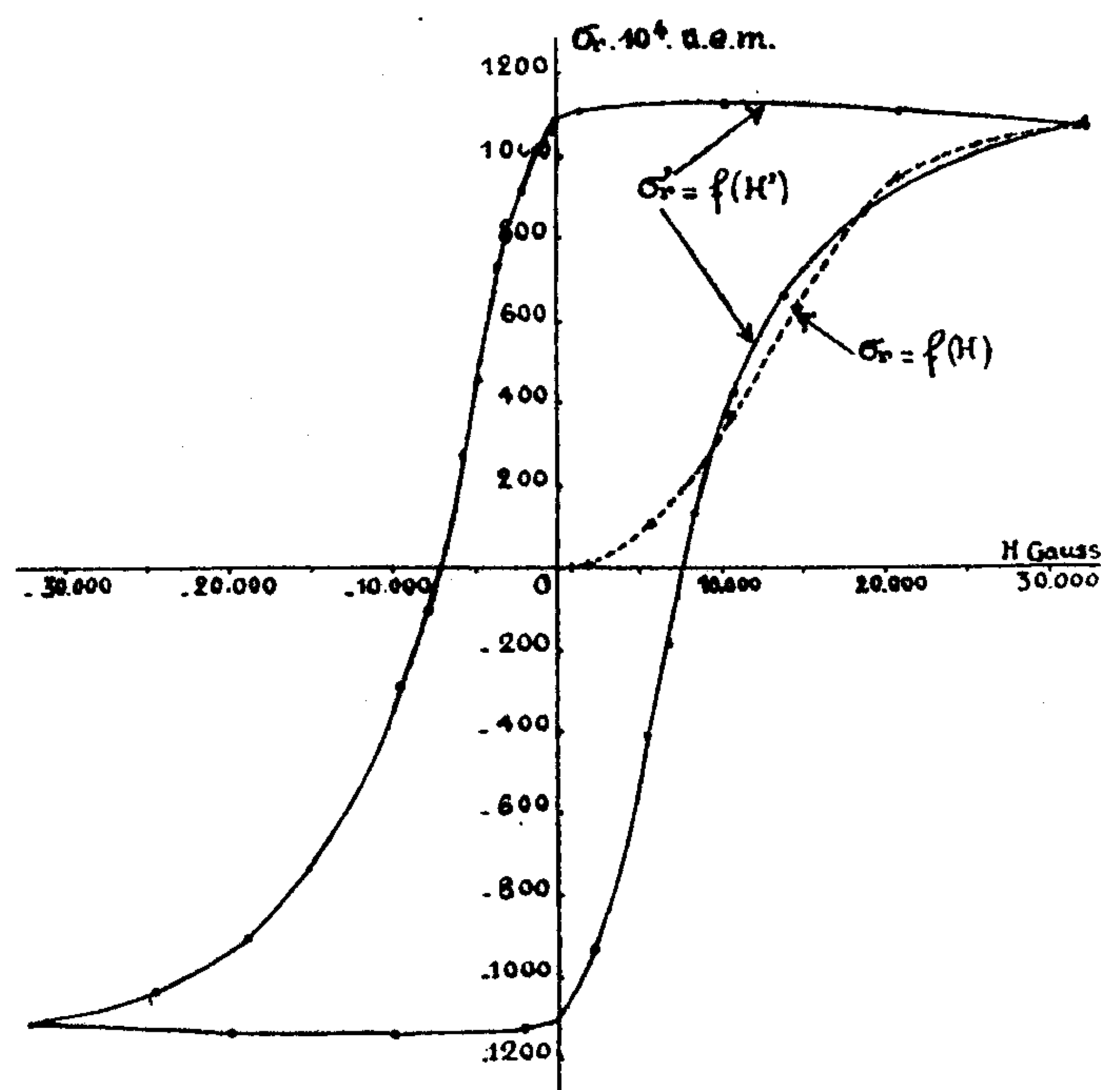
(⁵) Il est intéressant de rappeler que l'aimantation *thermorémanente* acquise par le même échantillon refroidi de 700 à 20° dans un champ de 17,8 Γ est 55.10^{-4} u. e. m.

(⁶) *Ann. de Physique*, **18**, 1943, pp. 258-288.

résis pour des champs ne dépassant pas 6500 Γ, mais pour différentes grosseurs de grain, sur des poudres de sesquioxyde de fer non recuit.

Les sources de champ étant à Bellevue et le magnétomètre de mesure à Paris, je n'ai pu étudier, comme l'avait fait E. Thellier, la décroissance spontanée de l'aimantation σ_r aussitôt après la suppression de H. Pour l'aimantation maxima, j'ai observé entre les valeurs mesurées après 2 heures et après 4 jours une diminution encore appréciable de 2 % environ.

Dans une seconde série d'essais, l'échantillon portant l'aimantation $\sigma_r = 1070.10^{-4}$ u. e. m. est soumis à l'action de champs non cycliques, parallèles à l'aimantation, dans les conditions suivantes. L'échantillon aimanté étant placé dans une bobine ou dans l'électro-aimant, on établit un champ H′ qu'on maintient pendant 1 minute; on supprime ce champ et l'aimantation rémanente nouvelle σ'_r est encore mesurée au bout de 2 heures environ. L'opération est renouvelée avec d'autres valeurs du champ H′. La courbe cyclique $\sigma'_r = f(H')$



résume les résultats obtenus en employant d'abord des champs H′ positifs décroissants, puis négatifs croissant en valeur absolue jusqu'à — 32300 Γ, puis croissant jusqu'à 32300 Γ. La courbure des branches supérieure et inférieure, correspondant à une augmentation de l'aimantation quand on fait agir des champs plus faibles que le champ maximum, est inattendue. Son explication réside probablement dans la non-uniformité du champ de l'électro-aimant, d'autant plus grande que ce champ est plus élevé. Les branches latérales sont les plus intéressantes; elles montrent comment l'aimantation rémanente

isotherme est réduite par application d'un champ de sens opposé au sien. Le point où elles coupent l'axe des champs, vers $H' = 7600\,\Gamma$, n'est pas un champ coercitif à la manière habituelle, la courbe n'étant pas non plus, d'ailleurs, un cycle d'hystérésis ordinaire puisque ses ordonnées représentent des aimantations rémanentes.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Formules représentant les variations thermiques de la biréfringence magnétique du bromonaphtalène-α et du nitrobenzène.* Note [1] de M. **Jacques Rabinovitch**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. Dans une Note récente [2], nous avons donné les résultats des mesures faites sur le bromonaphtalène-α. En particulier nous avons trouvé qu'à 25°C. le coefficient de variation thermique a pour valeur $\alpha = (1/\beta)\Delta\beta/\Delta t = -1{,}300$, c'est-à-dire qu'il est très voisin de la valeur $-1/T = -1{,}298$.

Ceci constitue une probabilité pour que la loi simple concernant les diamagnétiques, qui découle de la théorie de Langevin (à savoir que la constante de Cotton et Mouton C varie en raison inverse de la température absolue T), soit vérifiée. Or, si nous effectuons les produits C. T., nous trouvons les nombres suivants :

	λ = 578 mμ.			λ = 546 mμ.	
T°.	C.10¹².	C.T.10¹².	T°.	C.10¹².	C.T.10¹².
290,5	$2,55_3$	741,6	290,5	$2,70_8$	786,7
296	$2,49_3$	737,9	297	$2,64_9$	786,8
306	2,43	743,6	309,8	$2,55_3$	790,9
310,8	$2,39_3$	743,7	314,6	$2,49_3$	784,3
315	$2,33_8$	736,5	327,9	$2,41_1$	790,5
326,2	$2,26_9$	740,1	334	$2,36_5$	790
337,3	$2,19_2$	739,4	352,9	$2,23_8$	789,8
346	$2,13_7$	739,4	373,6	$2,10_1$	784,9
357	$2,06_4$	736,8	388	$2,00_9$	779,5
373,7	$1,98_2$	740,7	417,8	$1,88_2$	786,3
388	$1,89_5$	735,3			
400,3	$1,83_6$	735			
417	$1,76_3$	735,2			

Avec un écart maximum de 1,5 %, le produit C. T. est donc constant entre 17,5 et 144°,8 C. Sa valeur moyenne est 739.10^{-12} pour $\lambda = 578$ mμ et 787.10^{-12} pour $\lambda = 546$ mμ. On peut alors représenter la variation thermique de la biréfringence magnétique du bromonaphtalène-α par les formules

$$C = 739.10^{-12}.\frac{1}{T} \quad \text{pour} \quad \lambda = 578 \text{ m}\mu,$$

[1] Séance du 12 mai 1947.
[2] *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 909.

et

$$C = 787 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{1}{T} \qquad \text{pour} \quad \lambda = 546 \text{ m}\mu,$$

qui reproduisent les résultats expérimentaux à environ 0,5 % près.

Nous voyons également que, dans le domaine de températures considéré, la dispersion de la constante de Cotton et Mouton du bromonaphtalène-α entre la radiation verte et la radiation jaune est invariable

$$\frac{C_v}{C_j} = \frac{787}{739} = 1,065.$$

2. Pour le nitrobenzène, le coefficient de variation thermique à la température ambiante est $-1/144$. Il est très éloigné de la valeur $-1/T$. L'hypothèse de la variation de l'anisotropie optique δ en fonction de la température ne suffit pas à rendre compte de cet écart. Si l'on admet que le nitrobenzène contient des molécules associées, il faut traiter le problème comme si l'on avait affaire à un mélange à concentrations variables avec la température. La constante de Cotton et Mouton de ce liquide est alors de la forme $C = \varphi(T)/T$ (en admettant la loi de Langevin), $\varphi(T)$ étant une fonction de T par l'intermédiaire des anisotropies et principalement du degré plus ou moins grand d'association. Cette fonction est difficile à déterminer théoriquement, mais on peut chercher à en trouver une formule empirique. Pour cela, nous avons formé les produits C.T. déduits d'une série de mesures faites en collaboration avec V. Kunzl ([3]), dont le détail se trouve dans une publication sous presse au *Journal de Physique*.

Si l'on porte C.T. en ordonnées et T en abscisses, on obtient des courbes sensiblement linéaires qui peuvent être représentées par les formules suivantes :

$$\text{(I)} \qquad C.T\ 10^{12} = 1494 - 2,64\,T \qquad \text{pour} \quad \lambda = 578 \text{ m}\mu$$

et

$$\text{(II)} \qquad C.T\ 10^{12} = 1524 - 2,56\,T \qquad \text{pour} \quad \lambda = 546 \text{ m}\mu.$$

Les valeurs de C déduites de ces formules concordent avec les valeurs expérimentales à moins de 1 % près.

Du rapport de dispersion $C_v/C_j = (1524 - 2,56\,T)/(1494 - 2,64\,T)$, on tire les valeurs

$$\frac{C_v}{C_j} = 1,074 \text{ à } 20^\circ\text{C}, \qquad \frac{C_v}{C_j} = 1,087 \text{ à } 50^\circ\text{C}, \qquad \frac{C_v}{C_j} = 1,097 \text{ à } 70^\circ\text{C}.$$

([3]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 557.

EFFET RAMAN. — *Contribution à l'étude des chlorure, bromure et chlorobromures de thiophosphoryle. Préparation et spectre Raman.* Note [1] de M^lle **Marie-Louise Delwaulle** et M. **Félix François**, présentée par M. Jean Cabannes.

La préparation la plus commode, que nous avons employée pour le chlorure et le bromure de phosphoryle, consiste dans la fixation du soufre sur le trihalogénure de phosphore (courte ébullition dans le cas de PBr_3, chauffage en tube scellé vers 200° pendant 7 à 8 heures dans le cas de PCl_3). On rectifie sous la pression atmosphérique pour $PSCl_3$, sous 20^mm de mercure pour $PSBr_3$.

La question du spectre de $PSCl_3$ a été reprise récemment par Gerding [2]. Nos mesures confirment tout à fait les siennes : ce spectre n'a que cinq raies au lieu des six prévues pour un édifice de symétrie C_{3v}. Nous avions trouvé la même anomalie dans le spectre de POF_3. Pour ces deux molécules l'atome ajouté au trihalogénure possède une masse peu différente de celle de l'halogène et nous pensons qu'en ce qui concerne les fréquences de déformation, ces molécules pourraient s'apparenter au modèle de symétrie T_d.

Le spectre de $PSBr_3$ n'était pas décrit : il correspond parfaitement au spectre attendu pour un édifice C_{3v}; en particulier les fréquences $\delta_{1,2}$ et δ_3 sont pratiquement les mêmes que celles de PBr_3.

Nous avons mis au point deux préparations commodes des chlorobromures de thiophosphoryle.

L'une, la plus pratique, consiste à chauffer en tube scellé vers 190° pendant 5 heures des mélanges de PCl_3 et PBr_3 avec du soufre. Ces mélanges contiennent, comme nous l'avons montré [3], à côté de PCl_3 et de PBr_3 les chlorobromures PCl_2Br et $PClBr_2$ qui fixent le soufre comme PCl_3 et PBr_3. Les chlorobromures de thiophosphoryle sont isolables par distillation fractionnée sous 20^mm de mercure pour éviter l'altération de $PSClBr_2$.

L'autre consiste à faire passer un courant d'hydrogène sulfuré sur un mélange de PCl_5 et PBr_5 [l'hydrolyse ménagée de ce mélange nous avait donné les chlorobromures de phosphoryle [4]]. On obtient un mélange de $PSCl_3$, de $PSBr_3$ et des chlorobromures de thiophosphoryle. Ce mélange est souillé d'un peu de brome qu'on enlève par agitation avec du mercure. On distille ensuite sous pression réduite comme précédemment.

Spectre de $PSCl_2Br$. — Il est constitué par sept fréquences Raman au lieu des neuf prévues pour le modèle C_{1h}. Nous avons observé la même anomalie dans les spectres des molécules POF_2Cl et POF_2Br. Pour ces trois corps, l'atome d'oxygène ou de soufre ajouté au trihalogénure PX_2Y possède à peu près la même masse que l'atome d'halogène X. En ce qui concerne les

---

(1) Séance du 12 mai 1947.

(2) H. Gerding et R. Westrik, *Recueil des Travaux chimiques des Pays-Bas*, 61, 1942, p. 842.

(3) *Comptes rendus*, 224, 1946, p. 389.

(4) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1173.

fréquences de déformation, ces trois molécules pourraient s'apparenter au modèle C_{3v}. La mesure du facteur de dépolarisation est en bon accord avec cette hypothèse : les fréquences 150 et 230 dépolarisées peuvent correspondre aux fréquences dégénérées $\delta_{1,2}$ et $\delta_{4,5}$.

Spectre de $PSClBr_2$. — Il est constitué par neuf fréquences Raman. Ici, le fait que l'atome de soufre possède à peu près la même masse que celui de chlore apparenterait, en ce qui concerne les fréquences de déformation, cette molécule du point de vue symétrie au type C_{2v} au lieu du type C_{1h}. Le nombre des fréquences de déformation est le même pour ces deux types; la seule différence est que, parmi ces fréquences, δ_1 et δ_3 sont seules polarisées dans le type C_{2v}, tandis que dans le type C_{1h}, l'une des fréquences δ_4 ou δ_5 est aussi polarisée. Malheureusement, les trois fréquences δ_3, δ_4 et δ_5 sont très voisines les unes des autres : 190, 196, 205. Il est certain que la raie 190 est dépolarisée, que la raie 196 est assez fortement polarisée, mais il est impossible de déterminer le facteur de dépolarisation de la raie 205 cm^{-1}. Nous ne saurions donc ni affirmer, ni infirmer l'existence dans le spectre de $PSClBr_2$ d'une perturbation due au fait que la masse atomique de soufre est voisine de celle du chlore. La fréquence 190 dépolarisée correspond à δ_4. Si la fréquence 196 était seule polarisée, ce serait sûrement δ_3, mais comme nous ne saurions l'affirmer, nous restons indécis pour l'attribution des deux fréquences 196 et 205 qui correspondent à δ_3 et δ_5.

Le mode de liaison du phosphore avec le soufre n'est pas le même que celui du phosphore avec un halogène; il n'est donc pas étonnant qu'on n'observe aucune anomalie dans les fréquences de valence des spectres de toutes les halogénures de thiophosphoryle. L'une de ces fréquences peut être considérée comme une raie P-S : elle garde les mêmes caractères dans tous les spectres; sa fréquence varie de 753 à 718 quand on passe de $PSCl_3$ à $PSBr_3$.

Fréquences en cm^{-1} (modes de vibration).

			$\delta_{1,2}$.				$\delta_{3,4,5}$.			ν_1.		$\nu_{2,3}$.	ν_4.
$PSCl_3$			172				247			430		538	753
	J		5				7			10		f,1	f,1
	ρ		6/7				6/7			0,1		6/7	pol.
						δ_3.		$\delta_{4,5}$.					
$PSCl_2Br$			150			206		230		371	493	536	743
	J		3			5		2		10	f	ff	M
	ρ		6/7			0,5		6/7		0,05	pol.	dépol.	pol.
		δ_1.		δ_2.		δ_4.		δ_3 et	δ_5.				
$PSClBr_2$		121		136		190		196	205	333	436	500	729
	J	0,7		1		2,5		3	1,5	10	f	ff	M
	ρ	0,6		6/7		6/7		0,4	?	0,05	dépol.	pol.	pol.
$PSBr_3$			115		165			179		299	438		718
	J		5,5		4,1			5		10	f,1		M,1
	ρ		6/7		0,3			6/7		0,05	6/7		pol.
			$\delta_{1,2}$.		δ_3.			$\delta_{4,5}$.			$\nu_{2,3}$.		ν_4.

EFFET RAMAN. — *Sur l'état de l'acide nitrique en solution. Mise en évidence d'une raie Raman caractéristique du complexe* H_2O-NO_3H. Note ([1]) de M. **Jean Chédin** et Mme **Suzanne Fénéant**, présentée par M. Jean Cabannes.

I. Outre l'évolution très caractéristique de la bande due aux vibrations des groupes oxydriles ([2]), les spectres Raman des mélanges NO_3H, H_2O de concentrations (pondérales en NO_3H) comprises entre 100 et 75 %, mettent en évidence l'apparition d'une nouvelle raie K_2 ($\Delta\nu = 637$ cm^{-1}) et la disparition concomitante de la fréquence K_1 ($\Delta\nu = 608$ cm^{-1}). Ce phénomène était demeuré inaperçu jusqu'ici, et les investigateurs n'avaient noté qu'un déplacement global de la raie 608 cm^{-1} quand on dilue l'acide pur. Les enregistrements au microphotomètre, reportés dans la figure 1, montrent nettement le phénomène.

La raie 608, seule dans NO_3H à 100 %, s'affaiblit graduellement au profit de 637 qui subsiste seule dans NO_3H à 75 %. Les valeurs 608 et 637 demeurent remarquablement fixes aux différentes concentrations.

Les autres raies du spectre ne présentent pas de phénomène semblable; on note simplement un léger déplacement vers les fréquences supérieures des raies 927 cm^{-1} et 1537 cm^{-1}.

L'un de nous ([3]) a donné une interprétation du spectre Raman de l'acide nitrique pur. Celle-ci a été confirmée pour l'essentiel par des travaux plus récents de O. Redlich et Nielsen et de J.-P. Mathieu ([4]), ([5]). Il y a accord général pour attribuer 608 cm^{-1} à une vibration de déformation plane de la molécule NO_2-OH, probablement l'antisymétrique. Toutefois, alors que dans notre interprétation, qui a l'accord de O. Redlich ([4]), la seconde fréquence de déformation plane de NO_2-OH est supposée être 675 cm^{-1}, J.-P. Mathieu ([5]) lui attribue la raie 920 cm^{-1}. Il ne nous paraît pas possible de choisir définitivement entre 608 et 675 cm^{-1}, la fréquence symétrique et la fréquence antisymétrique de déformation de la molécule. Leurs coefficients de dépolarisation ([6]) ont été en effet trouvés respectivement 0,71 et 0,62. Étant donnée l'imprécision souvent attachée à ces mesures, l'hypothèse 608 cm^{-1} fréquence de déformation symétrique, 675 cm^{-1} fréquence de déformation antisymétrique ne peut être exclue complètement.

II. Le phénomène signalé (608 cm^{-1} se transformant par addition progressive d'eau en 637 cm^{-1}) confirme la formation de molécules hydratées

---

([1]) Séance du 12 mai 1947.

([2]) J. Chédin et S. Fénéant, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 930.

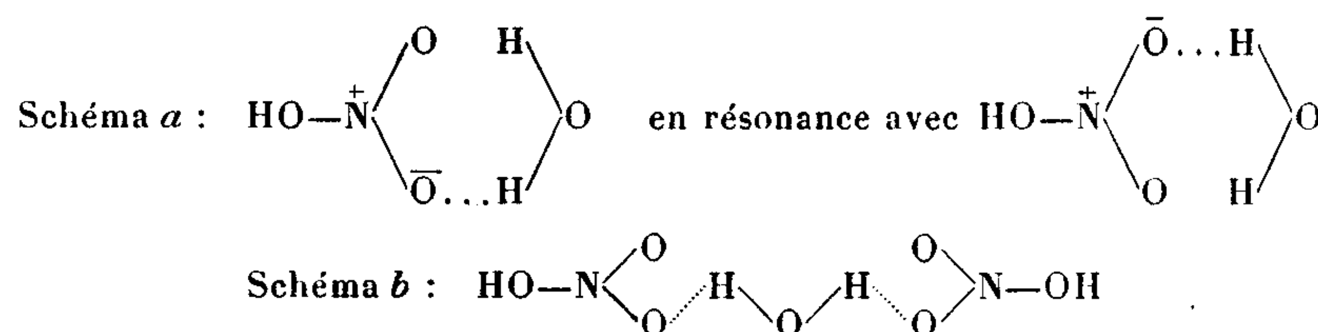
([3]) J. Chédin, *Journal de Physique et Radium*, **10**, 1939, pp. 445-454.

([4]) O. Redlich et Nielsen, *J. Am. Chem. Society*, **65**, 1943, pp. 654-660.

([5]) *Annales de Phys.*, **16**, 1941, p. 5.

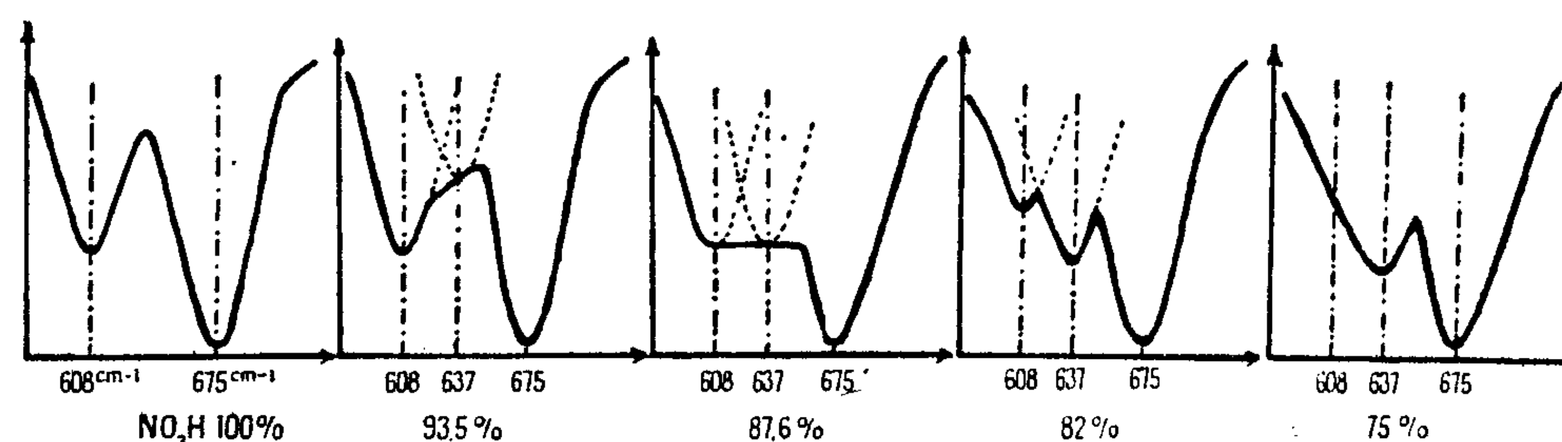
([6]) Vankateswaran, *Proc. Indian, Acad. Sci.*, A_4, 1936, p. 174.

$OH_2.O_2N-OH$ signalée dans notre Note précédente ([2]). La fixation d'une molécule H_2O sur le groupe — NO_2 peut être envisagée de plusieurs façons :



608 cm^{-1} étant une des deux fréquences de déformation de la molécule anhydre NO_2OH, 637 cm^{-1} serait la même vibration, mais légèrement déplacée dans la molécule hydratée. Dans l'hypothèse d'un complexe du type *a*, ce serait la vibration symétrique de déformation qui serait affectée, la molécule H_2O jouant le rôle d'un ressort supplémentaire qui s'oppose à la variation de l'angle $N\langle^O_O$ et augmentant cette fréquence ainsi qu'on l'observe.

Dans le schéma *b*, la molécule H_2O sert de pont entre 2 molécules NO_2-OH,



et l'on peut imaginer des chaînes ainsi constituées, à durée de vie probablement brève. Il n'est pas exclu que les 2 formes d'hydrate puissent coexister. Toutefois, il semble probable que la stabilisation par résonance favorise la forme *a*.

Faute d'éléments suffisants, il est impossible de conclure. Nous penchons toutefois pour une association du type *a* caractérisée par :

a. une chaleur de réaction élevée ([7]);

b. un spectre Raman peu différent de celui de la molécule NO_2OH anhydre; les différences portant essentiellement sur :

1° une fréquence de déformation légèrement accrue (637 au lieu de 608);

2° un spectre caractéristique de vibration des atomes d'hydrogène ([2]).

c. un spectre ultraviolet caractéristique ([8]).

([7]) R Leclerc et J. Chédin, *Mémor. des Serv. Chim. de l'État*, 32, 1945, p. 87.

([8]) R. Dalmon, *Mémor. des Services Chim. de l'État*, 30, 1943, p. 141.

RAYONS X. — *Étude des charbons et des cokes par les rayons* X. Note (¹) de M. **Henry Brusset**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous nous bornerons ici aux résultats fournis par l'étude de la diffusion des rayons X sous très petits angles.

Nous avons déjà montré (²) que les combustibles solides naturels (lignites, houilles, anthracites) présentent dans leurs diagrammes de rayons X, une tache de diffusion au voisinage immédiat du faisceau direct caractéristique d'un état dispersé de la matière. Des travaux effectués depuis lors en Angleterre par D.-P. Riley (³) ont confirmé ce résultat.

Nous avons étudié depuis une quarantaine de charbons et une quinzaine de cokes, en utilisant le même dispositif expérimental; nous observions la diffusion jusqu'à un angle de 20'; le rayonnement utilisé était celui de la raie CuK_{α}.

Avec les charbons nous avons obtenu les résultats suivants :

1° Nous avons toujours observé une tache de diffusion centrale, mais pour deux échantillons, l'un de lignite, l'autre de houille, nous n'avons eu qu'une très faible diffusion, et ceci est à rapprocher du cas du lignite italien signalé dans notre Note de janvier 1943, où nous indiquions qu'un lignite n'avait pas donné de diffusion centrale appréciable.

Dans un grand nombre de cas, la diffusion est faible, bien qu'observable et certainement due à l'état dispersé du charbon.

La faible intensité de la diffusion centrale correspond à une faible différence de densité électronique entre la substance formant les micelles de charbon et la substance intermicellaire. Un grand nombre de carbones noirs et même des graphites artificiels donnent des diffusions centrales beaucoup plus intenses. Cela tient à ce que, pour le charbon naturel, le contraste micellaire a lieu entre substances carbonées assez semblables.

2° Cette tache de diffusion est souvent très étroite et ainsi nettement différente de la diffusion produite par le charbon de noix de coco qui est très étendue. Cela tient à ce que ce charbon contient beaucoup plus de petites micelles que les charbons minéraux.

3° Comme nous l'avions déjà observé pour des lignites, plusieurs houilles d'origine et de nature pétrographique différentes, ont donné la même courbe de caractéristique photométrique pour la tache centrale. L'identité de cette courbe, $\log I = f(\varepsilon^2)$ (I, intensité diffusée sous l'angle ε) entraîne non seulement l'identité du rayon de giration moyen des micelles, mais aussi l'identité de la répartition des tailles des micelles autour de la valeur moyenne.

(¹) Séance du 12 mai 1947.

(²) H. Brusset, J. Devaux et A. Guinter, *Comptes rendus*, **216**, 1943, pp. 152-154.

(³) *Proceedings of a Conference on the ultrafine Structure of coals and cokes*, 24-25 juin 1943, Londres.

De plus, l'étude des cokes nous a montré :

4° Pour certains lignites et certaines houilles, l'intensité générale de la tache de diffusion centrale est plus grande avec le coke qu'avec les charbons originels, bien qu'on ait opéré avec le même temps de pose, la même épaisseur de l'échantillon et des tassages de poudre comparables. Ceci montre que la cokéfaction a souvent pour effet d'augmenter le contraste micellaire.

5° Pour six échantillons (deux de lignite, quatre de houille), dont les taches de diffusion centrale étaient assez intenses pour pouvoir être analysées au microphotomètre et permettre le tracé de la caractéristique $\log I = f(\varepsilon^2)$, on a pu comparer les caractéristiques d'un coke et du charbon initial.

Si l'on essaie de faire coïncider un point des deux courbes en faisant glisser les axes log I, l'un sur l'autre, on constate qu'on peut faire coïncider toutes les parties supérieures des caractéristiques du charbon originel et du coke correspondant, et qu'alors le bas de la caractéristique du coke (partie correspondant aux angles de diffusion les plus grands du cliché) est située au-dessus de la caractéristique du charbon naturel. Comme cette partie est principalement due aux petites particules micellaires, nous en déduisons que la cokéfaction, dans les cas observés, conserve une partie de la structure micellaire initiale et produit aussi une fragmentation de l'autre partie des micelles.

En résumé, les diagrammes de diffusion centrale de rayons X fournis par les charbons permettent non seulement de caractériser un état finement dispersé, mais de préciser et de comparer cet état de dispersion et ses modifications sous l'influence de certains facteurs.

On savait que la diffraction ordinaire (clichés Debye) permettait de préciser la topochimie des solides; il apparaît nécessaire maintenant de préciser cette topochimie à l'échelle de la micelle, entre 50 et 200 angströms, dans le cas des corps finement divisés. L'étude des diagrammes de diffusion centrale en offre un moyen.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la désintégration* β. Note de M. **Raymond Daudel**, Mme **Pierrette Benoist**, MM. **Robert Jacques** et **Maurice Jean**.

M. Lecoin, Mlle Perey et M. Tsien San Tsiang [1] ont signalé l'existence de désintégration β ne s'accompagnant pas de la production d'un spectre β décelable mais seulement d'un spectre X. M. Lecoin a attiré notre attention sur ce point. Amenés ainsi à regarder de plus près la question de l'émission β, nous voudrions présenter à ce sujet les remarques suivantes.

On n'envisage généralement que la désintégration β s'opère avec émission

(1) M. Lecoin et M. Perey, *Comptes rendus*, **217**, 1943, pp. 106-108; *Cahiers de Physique*, **20**, 1944, p. 58; M. Lecoin, M. Perey et Tsien San Tsiang, *Cahiers de Physique*, **26**, 1944, p. 10.

d'un électron doué d'une certaine énergie cinétique suffisante pour lui permettre de sortir du champ du noyau. Nous voudrions ici étudier le cas des électrons pouvant se former avec une énergie plus faible.

Imaginons un noyau dépouillé de tous ses électrons. Le phénomène suivant doit alors pouvoir se produire : un neutron devient proton, un électron est formé avec une énergie telle qu'il devient électron périphérique de l'atome et un neutrino emporte l'excès d'énergie. Si le noyau possède déjà un cortège, l'électron considéré peut venir occuper une case restée vide.

L'atome recule (à cause du départ du neutrino) sans qu'il y ait émission de particules décelables puisque l'électron produit reste dans le cortège.

Théoriquement le problème peut se traiter comme celui de la capture d'électron. Soient Φ_1 et Φ_2 les fonctions d'onde d'annihilation de l'électron et du neutrino et ψ et φ les fonctions de ces mêmes corpuscules dans l'état final ([2]).

Si u_m et u_n décrivent les nucléons dans les états initiaux et finaux, la probabilité de réalisation du phénomène s'écrit

$$P = \frac{4\pi^2}{h} |H^{(1)}_{nm}|^2 \rho(E_n),$$

avec

$$H^{(1)}_{nm} = \int u^{n*} \Psi^* \varphi^* H^{(1)} u^m \Phi_1 \Phi_2 \, d\tau.$$

Dans une théorie simple on écrira cet élément sous la forme ([3])

$$H^{(1)}_{nm} = \Psi^* \varphi^* G$$

(G étant une intégrale portant sur les fonctions d'onde nucléaires), de sorte que la probabilité P comprendra un terme en $|\Psi|^2$. En mécanique à une fonction d'onde ce Ψ dépend de l'orbite sur lequel l'électron viendra se placer, mais comprend toujours au moins un facteur en $Z^{3/2}$ qui introduit dans P un terme en Z^3.

D'un autre côté le terme $\rho(E)$ s'écrit

$$\rho(E) = \frac{8\pi}{h^3} p_n \frac{E_n}{c^2},$$

si E_n et p_n représentent l'énergie et la quantité de mouvement emportée par le neutrino.

Si ΔW représente l'énergie de la transition nucléaire, m la masse de l'électron, ε l'énergie du niveau sur lequel il se place, et si l'on néglige la masse du neutrino il vient

$$E_n = \Delta W + \varepsilon - mc^2,$$

$$\rho(E) = \frac{8\pi}{h^3} \left(\frac{\Delta W + \varepsilon - mc^2}{c^3} \right)^2,$$

(2) Nous utiliserons la systématique et les notations de L. de Broglie.

(3) L. de Broglie, *De la Mécanique ondulatoire à la Théorie du noyau.*

et finalement

$$P = K_{orbite} Z^3 G^2 (\Delta W + \varepsilon - mc^2)^2.$$

Cette formule donne les caractéristiques essentielles du phénomène. Elle montre notamment que par rapport aux émissions β, ce phénomène est avantagé aux faibles énergies. On peut, de plus, voir que le phénomène est plus important pour l'orbite K que pour les autres orbites, lesquelles sont cependant moins défavorisées dans le cas des transitions interdites.

Il n'est évidemment nullement prouvé que ce phénomène soit à l'origine des effets observés par les auteurs précités.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Influence de l'état de la paroi sur la vitesse de propagation de la flamme dans les mélanges de méthane et d'air.* Note (¹) de MM. **Guy Pannetier** et **Paul Laffitte**, présentée par M. Paul Pascal.

A la suite des recherches qui nous ont permis de mettre en évidence l'influence considérable de l'état de la paroi sur les limites d'inflammabilité des mélanges gazeux (²), nous avons étudié l'influence du même facteur sur la vitesse de propagation des flammes. Une première série d'expériences a été réalisée avec des mélanges de méthane et d'air et quelques-uns des résultats en sont rapportés dans la présente Note.

On utilisait des tubes de verre, disposés verticalement, fermés aux deux extrémités, de 85^{cm} de longueur et de 15^{mm} de diamètre intérieur avec inflammation électrique à la partie inférieure. La propagation de la flamme était enregistrée par un dispositif photographique permettant de réaliser, au fur et à mesure de la progression de la flamme, des instantanés de 1/100 et 1/300 de seconde à l'aide d'un objectif très lumineux (F/1,5 de 5^{cm} de foyer et métallisé) et avec un film ultra-rapide.

Indépendamment des oscillations qui se produisent dès le début de la propagation de la flamme, on a toujours un mouvement pratiquement uniforme sur une fraction de la longueur du tube variant avec la concentration du mélange gazeux. Si l'on excepte divers phénomènes qui seront rapportés dans un autre périodique, les faits les plus importants sont dus aux modifications de l'état de la paroi qui font varier la vitesse de la flamme dans des proportions considérables.

Le tube ayant, par exemple, été lavé au mélange sulfochromique, puis rincé à l'eau distillée et séché dans le vide (10^{-3} mm Hg), on y introduit un mélange que l'on enflamme. On détermine alors, d'après les enregistrements photographiques, la vitesse moyenne de la flamme sur toute la longueur du tube ainsi que sa vitesse sur la portion où elle est sensiblement uniforme. On fait alors le

(¹) Séance du 5 mai 1947.
(²) *Comptes rendus*, **221**, 1945, pp. 469, 553 et 623; **223**, 1946, p. 800.

vide (10^{-2} mm) et l'on admet le même mélange combustible sur lequel on fait les mêmes déterminations que dans l'expérience précédente. On fait ainsi alternativement une série de mesures avec une paroi traitée au mélange sulfochromique, puis avec une paroi au contact de laquelle s'est propagée une flamme après le traitement précédent. La figure 1 donne, en fonction de la concentration en

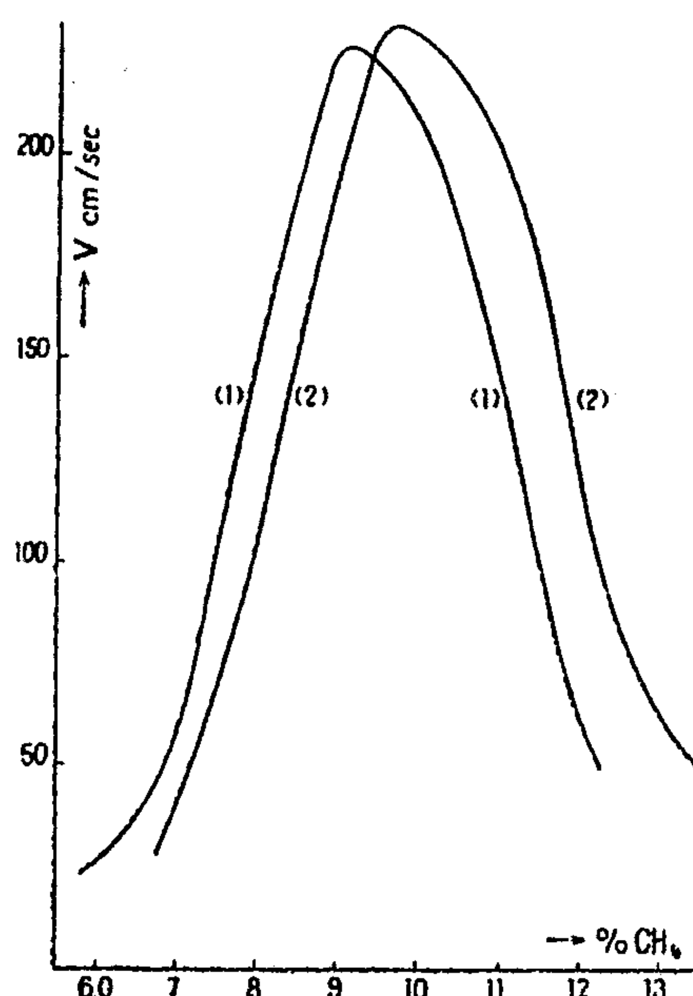


Fig. 1.

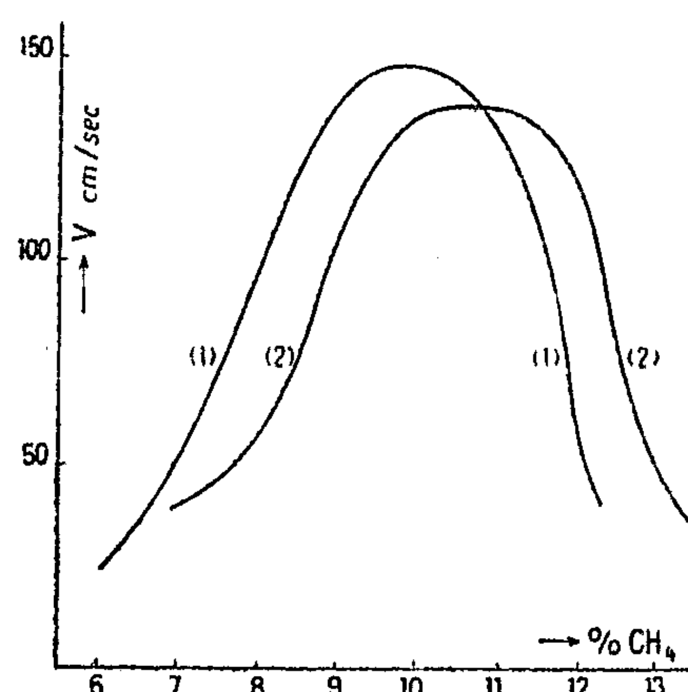


Fig. 2.

méthane, les vitesses moyennes de la flamme sur toute la longueur du tube : 1° pour une première expérience après lavage au mélange sulfochromique (courbe 1); 2° pour une expérience suivant immédiatement la précédente (courbe 2). La figure 2 se rapporte aux mêmes expériences, mais donne la vitesse du mouvement uniforme de la flamme (courbe 1 après lavage; courbe 2 après propagation d'une flamme). On voit ainsi que l'influence de l'état de la paroi est considérable, surtout de part et d'autre du maximum des courbes de vitesse. En lavant le tube on décale la courbe vers les faibles concentrations; la courbe correspondante qui est au-dessous pour les fortes concentrations est au-dessus pour les faibles. On voit aussi que, pour un mélange de concentration donnée, les deux vitesses, l'une relative au tube lavé, l'autre au tube où s'est déjà propagée la flamme, peuvent différer du simple au double ou même au triple. D'autre mesures ont encore mis en évidence l'influence considérable de l'état de la paroi, par exemple dans un tube auquel on faisait subir le traitement au mélange sulfochromique après chaque expérience; les courbes obtenues sont alors nettement différentes des précédentes, où une expérience après lavage alternait avec une expérience sans lavage préalable.

Avec du gaz naturel de Saint-Marcet (CH_4 : 94 %), on retrouve des résultats

analogues. Mais il s'agit d'un phénomène de nature complexe comme le montre l'expérience suivante. Si on utilise un tube dont une moitié seulement de la longueur a été traitée au mélange sulfochromique, on pourrait s'attendre à ce que la vitesse de la flamme soit différente dans les deux parties du tube. Or l'expérience montre non seulement que la vitesse de la flamme ne subit aucune discontinuité, mais en outre qu'elle correspond à celle de la partie lavée, que celle-ci soit au début ou à la fin du parcours de la flamme. Ce ne sont donc pas seulement les phénomènes intervenant au contact de la paroi, mais aussi ceux intervenant en phase gazeuse qui modifient les caractères de la flamme lorsque varie l'état de la paroi.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur l'état d'équilibre des solutions solides.* Note [1] de M. **Pierre Laurent**, présentée par M. Albert Portevin.

Les études sur le mécanisme de la précipitation dans les solutions solides sursaturées ont conduit à considérer que celle-ci résultait de la superposition des deux processus suivants :

a. rassemblement des atomes en excès dans certains domaines sans changement de système cristallin (maturation);

b. transformation de ces domaines avec changement du système cristallin (précipitation proprement dite).

Nous nous proposons d'étudier, dans cette Note, les conditions de stabilité de la solution solide hétérogène résultant de la maturation. Un système est en équilibre quand son énergie libre F est minimum (par définition $F = U - TS$, U étant l'énergie totale du système, S son entropie et T la température absolue). Pour un alliage, l'énergie totale du système est la somme de l'énergie du gaz électronique, de l'énergie des vibrations thermiques et de l'énergie du réseau cristallin E. L'énergie du gaz électronique dépend des zones de Brillouin ; elle est donc indépendante de la répartition des atomes dans le réseau. Il en est de même de l'énergie des vibrations thermiques. Donc, pour étudier la maturation, il suffira de déterminer le minimum de $E - TS$.

Yutaka Takagi [2] a calculé la valeur de $F = E - TS$ par atome pour un alliage dans l'hypothèse où les voisins immédiats agissent seuls sur un atome donné. Dans le cas du réseau cubique centré, que nous prendrons comme exemple ici, il a obtenu

$$\begin{aligned} F = {} & 4\nu_{BB} + 8\theta(\nu_{AB} - \nu_{BB}) + 4\theta^2(1 - s^2)(\nu_{AA} + \nu_{BB} - 2\nu_{AB}) \\ & + \frac{1}{2}kT\{\theta(1+s)\log\theta(1+s) + [1 - \theta(1+s)]\log[1 - \theta(1+s)] \\ & + \theta(1-s)\log\theta(1-s) + [1 - \theta(1-s)]\log[1 - \theta(1-s)]\} \end{aligned}$$

(1) Séance du 28 avril 1947.

(2) *Proc. phys. math. Soc. Japon*, **23**, 1941, pp. 44-65.

en désignant par v_{AA}, v_{BB} et v_{AB} l'énergie d'une liaison d'un atome A et d'un atome A, d'un atome B et d'un atome B, d'un atome A et d'un atome B,

θ la concentration de l'alliage en atome B[$\theta \leqq (1/2)$],

s le degré d'ordre ($s=0$ correspond au désordre et $s=1$ à l'ordre).

Pour une solution solide désordonnée cubique centrée, nous avons, par suite,

$$F_1 = 4v_{BB} + 8\theta(v_{AB} - v_{BB}) + 4\theta^2(v_{AA} + v_{BB} - 2v_{AB}) + kT[\theta\log\theta + (1-\theta)\log(1-\theta)].$$

Si au lieu d'une solution désordonnée et homogène, nous admettons l'existence de noyaux de concentration 1/2 baignant dans un milieu désordonné de concentration $\theta'(\theta' < \theta)$, et si, sur N atomes, il y en a αN dans ces noyaux, on a $\theta' = (\theta - \alpha/2)/(1-\alpha)$; α caractérise donc le degré d'hétérogénéité de la solution.

Dans ce dernier cas

$$\begin{aligned}F_2 = {} & \alpha[4v_{BB} + 4(v_{AB} - v_{BB})] \\ & + (1-\alpha)\{4v_{BB} + 8\theta'(v_{AB} - v_{BA}) + 4\theta'^2(v_{AA} + v_{BB} - 2v_{AB}) \\ & \qquad + kT[\theta'\log\theta' + (1-\theta')\log(1-\theta')]\}.\end{aligned}$$

Comparons F_1 et F_2

$$\begin{aligned}F_1 - F_2 = {} & 4(v_{AA} + v_{BB} - 2v_{AB})\frac{\alpha}{1-\alpha}\left[\theta(1-\theta) - \frac{\alpha}{4}\right] \\ & + kT\left[\theta\log\theta + (1-\theta)\log(1-\theta)\right. \\ & \left. - \left(\theta - \frac{\alpha}{2}\right)\log\frac{\theta - \frac{\alpha}{2}}{1-\alpha} - \left(1 - \theta - \frac{\alpha}{2}\right)\log\frac{1 - \theta - \frac{\alpha}{2}}{1-\alpha}\right].\end{aligned}$$

Pour α petit nous avons sensiblement

$$\begin{aligned}F_1 - F_2 = \alpha\Big\{ & 4(v_{AA} + v_{BB} - 2v_{AB})\theta(1-\theta) + \frac{kT}{2}\log\theta(1-\theta) \\ & - \alpha\left[(v_{AA} + v_{BB} - 2v_{AB})[1 - 4\theta(1-\theta)] - \frac{kT}{2}\left(1 - \frac{1}{4\theta(1-\theta)}\right)\right]\Big\}.\end{aligned}$$

Nous aurons $F_1 > F_2$, c'est-à-dire que la solution solide hétérogène sera plus stable que la solution solide homogène quand

$$T < T_C \qquad \text{en posant} \qquad T_C = -8\frac{v_{AA} + v_{BB} - 2v_{AB}}{k}\frac{\theta(1-\theta)}{\log\theta(1-\theta)}.$$

Quand θ est petit, il est facile de calculer la valeur de α correspondant à l'équilibre de la solution solide ($\partial F_2/\partial\alpha = 0$); on trouve

$$\alpha_e = 2\theta(1-\theta)\left(1 - \frac{T}{T_C}\right).$$

En conclusion, au-dessous d'une certaine température T_C, une solution solide

homogène n'est pas stable et le degré d'hétérogénéité croît quand la température diminue.

La formation des germes dans les solutions solides peut alors se concevoir comme une simple transformation allotropique des noyaux formés dont nous avons étudié précédemment la théorie ([3]).

MÉTALLURGIE. — *Traitement métallurgique des minerais sulfurés complexes.* Note ([1]) de M. **Robert Fouquet**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Les minerais sulfurés complexes qui forment la plupart des gisements de plomb, de zinc et de cuivre, dans les associations minéralogiques appelées BPGC (blende, pyrite, galène, chalcopyrite) sont, le plus souvent, d'une préparation difficile. La finesse habituelle de leur structure impose des broyages poussés, et les opérations délicates de flottation différentielle ne parviennent qu'imparfaitement à séparer les éléments minéralogiques : d'où présence d'impuretés dans les minerais ainsi isolés, et complications des traitements métallurgiques classiques.

Une étude scientifique et industrielle du problème, à laquelle ont collaboré MM. Vittori, de la Faculté des Sciences de Rome, et Benelli, du Centro Studi ed Esperienze d'Angera, et qui a été poursuivie à la fois au laboratoire de Maisons-Alfort et à celui du Centre d'Angera, a permis d'élaborer un traitement plus simple et plus efficace, qui a donné lieu à des réalisations pratiques. Je me suis basé sur les travaux des chercheurs qui ont étudié le grillage des minerais sulfurés ([2]).

Le principe consiste à griller le minerai complexe, finement pulvérisé, dans un four cylindrique tournant autour d'un axe horizontal. Le courant d'air est réglé par un ventilateur aspirant. Des résistances électriques métalliques servent à élever la température au départ, puis à la maintenir si la chaleur du grillage est momentanément insuffisante. Par un réglage de l'énergie électrique et de la vitesse de l'air, par une incorporation éventuelle au minerai de pyrite martiale pulvérisée, il est possible de maintenir à quelques degrés près la température et d'ajuster la proportion de SO_2 dans l'atmosphère du four.

Comme premier exemple, j'envisagerai d'abord le cas relativement simple de la chalcopyrite : la température et la teneur en SO_2 les plus favorables ont

---

([3]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 320; **219**, 1944, p. 205.

([1]) Séance du 12 mai 1947.

([2]) V. Tatel et E. Gredlich, *Métal un Erz*, 2 novembre 1924, p. 517, Hoffmann, *Trans. am. Inst. Min. Eng.*, 1903; Mostowitsch, *Métallurgie*, **24**, 1911, p. 273; H. O. Hoffmann et Wanja Kopf, *Engineering and Mining Journal*, Vol. **44**, p. 455; Schenk et W. Rassbach, *Métallurgie*, **4**, 1907, p. 455.

été trouvées égales à 520° et 6 %. Dans ces conditions, la majeure partie du fer passe à l'état de Fe_2O_3, tandis que le sulfure de cuivre se transforme, partie en oxyde, partie en sulfate. La masse grillée est alors traitée par l'eau qui dissout le sulfate de cuivre, tandis que le sulfate de fer, inévitablement formé, attaque l'oxyde de cuivre et se trouve oxydé par lui. On solubilise ainsi sous forme de sulfate 95 à 96 % du cuivre contenu dans le minerai. D'autre part, l'anhydride sulfureux est récupéré.

Un deuxième exemple concerne un minerai plus complexe du type BPGC, contenant environ 25 % Cu, 6 % Zn, 25 % Pb, 34,6 % Fe et 32 % S. La température et la teneur en SO_2 de l'atmosphère étant réglées suivant les marges de 400 à 550° et de 1 à 6 % environ, on obtient la majeure partie du cuivre et du zinc à l'état de sulfates solubles, du sulfate de fer qui sera oxydé ultérieurement dans la solution, de l'oxyde de cuivre qui sera sulfaté ultérieurement dans la solution et du sesquioxyde de fer insoluble qui accompagne les gangues. Quant au plomb, il s'écoule à l'état métallique, libéré par réaction entre la galène et le sulfate de plomb.

Il est évidemment aisé de séparer et de purifier les sulfates solubles, par cristallisation fractionnée ou par tout autre moyen. Ainsi, dans un mélange de sulfate de cuivre et de sulfate de zinc, le cuivre peut être précipité par l'action de SO_2 sous une pression de 50 kg/cm².

Ces procédés ont trouvé leur application, d'abord à l'usine d'Angera (Italie) où l'on a traité par jour 150^{kg} de concentrés de chalcopyrite à 19,4 % Cu et 34,4 % Fe, puis à Libiola (Italie) où l'on traite par jour 15 000^{kg} de concentrés de teneur analogue.

Dans le traitement des concentrés de chalcopyrite seule, le cuivre recueilli représente 95 à 96 % du cuivre contenu et le fer se retrouve en quasi-totalité sous forme de sesquioxyde, soit à la sortie du four, soit dans les cuves où s'opère le *déferrage* de la solution de sulfate de cuivre. La majeure partie du soufre, en excès sur celui qui est retenu dans le sulfate de cuivre, est récupéré sous forme de SO_2 liquifié après dépoussiérage, lavage et concentration du gaz.

Dans le traitement des concentrés de minerais complexes BPGC, les proportions des métaux recueillis atteignent : 90 à 92 % pour le cuivre, 92 à 95 % pour le zinc, 80 à 85 % pour le plomb.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la structure de certains glycérols.*

Note [1] de M. **Joseph Kapron**, présentée par M. Marcel Delépine.

La structure des glycérols que nous avions préparés [2] avait été induite par référence au premier terme, connu par ailleurs [3]. Elle a été contrôlée par dégradation (par oxydation ou déshydratation).

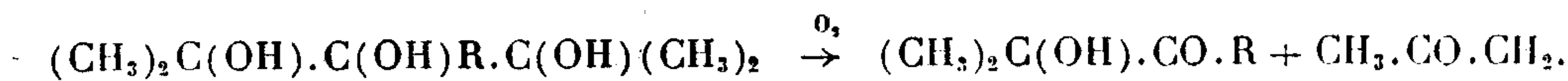
---

(1) Séance du 12 mai 1947.

(2) J. Kapron et J. Wiemann, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **12**, 1945, p. 945.

(3) *J. Soc. physico-chim. russe*, **44**, 1912, p. 1381.

I. *Oxydation.* — En solution benzénique, le tétracétate de plomb oxyde les glycérols pentasubstitués suivant la formule



$$(CH_3)_2C(OH).C(OH)R.C(OH)(CH_3)_2 \xrightarrow{O_2} (CH_3)_2C(OH).CO.R + CH_3.CO.CH_3.$$

L'α-cétol obtenu ne subit pas d'oxydation ultérieure avec une vitesse appréciable.

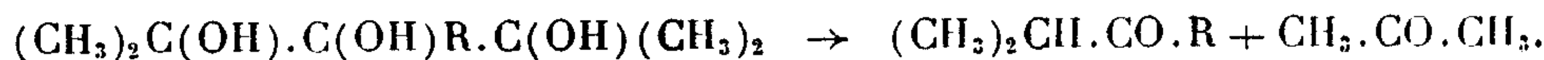
La vitesse d'oxydation du glycérol est nettement influencée par la nature de R; en solution benzénique froide à 5 %, la réaction dure 2 jours pour $R = CH_3$, 5 à 6 heures pour $R = C_2H_5$ et moins de 2 heures pour $R = nC_3H_7$. Sauf pour le premier terme, les rendements en cétols sont bons, et conduisent aux produits suivants :

a. $R = CH_3$; pour $(CH_3)_2C(OH).CO.CH_3$, j'ai trouvé É 139-141°; d_4^{14} 0,934; n_D^{14} 1,4135 semicarbazone, F 160-163°; on donne par ailleurs É 141-142°; $d_4^{14,5}$ 0,9668; $n_D^{14,5}$ 1,4195 semicarbazone, F 163,5-164° (²).

b. $R = C_2H_5$; pour $(CH_3)_2C(OH).CO.C_2H_5$, j'ai observé É 154°; d_4^{16} 0,938; n_D^{16} 1,4225 semicarbazone, F 132-132°,5; la litttérature indique É 154°; $d_4^{14,5}$ 0,9377; $n_D^{14,5}$ 1,4238 semicarbazone, F 131,5-132° (²).

c. $R = n.C_3H_7$; pour $(CH_3)_2C(OH).CO.CH_2.CH_2.CH_3$, j'ai obtenu $É_{20}$ 67°; d_4^{15} 0,913; n_D^{15} 1,426 semicarbazone, F 136,8-137°,2 (corrigé); déjà signalé $É_{15}$ 60-62°; d_4^{18} 0,899; n_D^{18} 1,419 semicarbazone, F 136-137° (corrigé).

II. *Déshydratation.* — Le glycérol étudié est distillé, à la pression ordinaire, sur quelques gouttes d'acide sulfurique. La réaction suit le schéma



$$(CH_3)_2C(OH).C(OH)R.C(OH)(CH_3)_2 \rightarrow (CH_3)_2CH.CO.R + CH_3.CO.CH_3.$$

L'acétone, facile à isoler, peut être identifiée par son point d'ébullition.

Faworsky et Oumnowa (³) avaient déjà déshydraté le premier terme ($R = CH_3$).

J'ai étudié le cas où $R = n.C_3H_7$ et j'ai isolé une cétone bouillant vers 130-132° que j'ai identifiée à la propylisopropylcétone É 131-132° (⁴).

J'ai aussi obtenu, pour la semicarbazone, F 114-115° [dans la littérature F 119° (⁵)].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse asymétrique de quelques alcoylphénylcarbinols.* Note de MM. **Gustave Vavon** et **Benjamin Angelo**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note précédente (¹) nous avons montré que la partie isobornylique du magnésien du chlorhydrate de pinène effectue une hydrogénation

(⁴) Suida et Pöll, *Zeits. für Angew. Chem.*, **40**, 1927, p. 506.

(⁵) Michaël, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, **41**, 1919, p. 418.

(¹) Vavon, Rivière et Angelo, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 959.

asymétrique de l'acétophénone et donne le méthylphénylcarbinol *actif*. Nous avons cherché à généraliser cette synthèse asymétrique au cas des éthyl-, propyl-, isopropyl-, butyl- et pseudobutylphénylcarbinols.

Tous ces alcools, sauf le dernier, ont été dédoublés, sous forme de phtalate acide, par Levenne et Mikeska ([2]) au cours d'un travail sur l'inversion de Walden. Nous avons nous-mêmes dédoublé le pseudobutylphénylcarbinol comme il est indiqué plus loin.

Dans le tableau ci-dessous, résumant les résultats obtenus, figurent : le rendement en alcool secondaire, le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D$ de l'alcool obtenu, celui de l'alcool optiquement pur, le rapport de ces deux valeurs (dernière colonne). Les pouvoirs rotatoires sont pris dans l'éther aux concentrations (4e colonne) employées par Levenne et Mikeska; ceci est nécessaire pour la comparaison, les valeurs du pouvoir rotatoire étant assez différentes en fonction de la concentration et de la nature du solvant.

Le chlorhydrate de pinène avait comme constantes F 127°, $[\alpha]_{578} + 35°$, alcool C 0,05

Alcools.	Rendement (%).	$[\alpha]_D$ obtenu.	C.	$[\alpha]_D$ corps pur.	%.
$C_6H_5-CHOH-CH_3$ ([1])	55	+20,10	0,09	54,86	36
» » C_2H_5	50	+10,60	0,10	55,54	19
» » $C_3H_7(n)$	50	+26,70	0,05	57,21	46
» » $C_3H_7(iso)$	80	+26,40	0,07	47,66	55
» » $C_4H_9(n)$	44	+21,10	0,12	40,83	52
» » C_4H_9(pseudo)	90	+25,9	0,10	36	72

Le rendement en alcool secondaire, peu différent pour les 4 alcools à radical linéaire, augmente quand apparaît la ramification : 50 % pour le propyl-, 80 % pour l'isopropyl-, 90 % pour le pseudobutylphénylcarbinol. L'empêchement stérique apporté par la ramification du radical alcoyle s'oppose à la réaction normale, à l'addition du radical bornylique sur la fonction cétone; il favorise par suite l'hydrogénation. Ceci est conforme à ce que l'on sait de la réaction des cétones sur les magnésiens ([3]).

Le taux de la synthèse asymétrique est également très élevé pour le pseudobutylphénylcarbinol; *c'est presque une synthèse asymétrique totale* : 86 de droit contre 14 de gauche.

Le facteur stérique joue-t-il ici un rôle déterminant? C'est ce que nous essaierons de préciser ultérieurement sur des exemples plus nombreux et plus variés.

Partie expérimentale. — On fait tomber peu à peu la cétone dissoute dans l'éther, dans le magnésien soumis à une forte agitation; celui-ci est pris en grand excès (2,4 mol. pour une). On abandonne pendant quelques heures; puis on carbonate le magnésien

([2]) *J. Biol. Chem.*, 70, 1926, p. 355.

([3]) Grignard, *Traité de Chimie organique*, II, p. 924.

résiduel. Après décomposition par ClH aqueux, on extrait l'acide camphane-carbonique par la soude. On sèche la solution éthérée sur du sulfate de soude; on chasse l'éther et rectifie 2 fois sous vide.

Nous donnons dans chaque cas, pour l'alcool obtenu, les pouvoirs rotatoires pris dans l'éther pour les 3 raies 578, 546, 436.

Éthylphénylcarbinol : Cétone $É_{15}$ 99-102° 67g, alcool $É_{15}$ 105-107° 34g, + 11° + 12°,50 + 21°,70 C 0,10.

Propylphénylcarbinol : Cétone $É_{15}$ 114-115° 15g, alcool $É_{15}$ 116-117° 7g,5, + 28°,40 + 33°,20 + 53,20 C 0,05.

Isopropylphénylcarbinol : Cétone $É_{15}$ 102° 15g, alcool $É_{15}$ 112° 12g, + 28° + 32°,10 + 51°,70 C 0,07.

Butylphénylcarbinol : Cétone $É_{15}$ 122° 16g, alcool $É_{15}$ 125° 7g, + 22°,80 + 26°,30 + 44° C 0,12.

Pseudobutylphénylcarbinol : Cétone $É_{15}$ 105-107° 26g, alcool $É_{15}$ 116-117° 24g, + 27°30 + 30°,50 + 49° C 0,09.

Dédoublement du pseudobutylphénylcarbinol. — Des essais faits sur le succinate acide, avec la brucine, la cinchonine, la cinchonidine, la quinidine n'ont pas donné de bons résultats; nous avons réussi avec le phtalate et la cinchonidine.

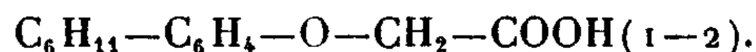
Le phtalate acide est obtenu par action de l'anhydride phtalique sur le carbinol sodé dans le toluène bouillant. Purifié par cristallisation dans le mélange benzène éther de pétrole, il fond à 106-107°. On le dissout avec la cinchonidine dans l'acétone à l'ébullition. Par refroidissement, il précipite le sel de cinchonidine qu'on soumet, à nouveau, à 3 ou 4 cristallisations dans l'acétone. Le pouvoir rotatoire du phtalate régénéré de son sel se fixe à + 14°,30 pour λ 578 C 0,05 dans l'éther; le point de fusion à 112°.

Par saponification à la soude acqueuse et entraînement à la vapeur d'eau, on obtient le pseudobutylcarbinol F 55°,5 $[\alpha]_{578}$ + 38°,40 éther C 0,09, + 36°,60 oxyde de butyle C 0,10, + 27°,30 benzène C 0,10.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide orthocyclohexylphénoxyacétique et quelques-uns de ses dérivés minéraux.* Note (1) de M. **Maurice Nortz**, présentée par M. Paul Pascal.

L'acide orthocyclohexylphénoxyacétique s'obtient avec un bon rendement en faisant agir à chaud un monochloracétate alcalin sur l'orthocyclohexylphénate de potassium en solution alcoolique, réaction déjà utilisée par MM. Daniel Bodroux et André Chatenet (2) pour l'obtention de l'isomère *para*. C'est à partir du sel de baryum insoluble qu'il a été possible de préparer de l'acide orthocyclohexylphénoxyacétique à l'état pur.

Acide o.cyclohexylphénoxyacétique



$$C_6H_{11}-C_6H_4-O-CH_2-COOH(1-2).$$

(1) Séance du 12 mai 1947.

(2) *Bull. Soc. Chim.*, 7, 1940, p. 191.

— On maintient à l'ébullition en agitant pendant 1 heure 30 une solution de 51^g de potasse, 68^g d'orthocyclohexylphénol, 38^g d'acide monochloracétique dans 250^{cm^3} d'alcool éthylique. Après 15 minutes d'ébullition, de nombreux cristaux de chlorure de potassium se sont déposés sur les parois. Après 1 heure 30, on arrête le chauffage et l'on dilue avec 400^{cm^3} d'eau; 76 % du chlore contenu dans l'acide monochloracétique mis en œuvre ont été minéralisés. L'alcool ayant été chassé par distillation, la solution résiduelle, à peine alcaline, a été additionnée d'une quantité calculée d'une solution de chlorure de baryum à 15 %. J'ai obtenu un précipité gommeux qui, dissous dans l'alcool bouillant, cristallise par refroidissement. Le sel obtenu a été mis en suspension dans l'eau, puis, après précipitation de l'acide organique par l'acide chlorhydrique, j'ai dissous celui-ci dans une solution tiède de carbonate de sodium à 10 %. Le liquide a été clarifié par filtration à chaud sur un mélange de talc et de noir animal. De la solution ainsi obtenue, j'ai libéré l'acide par l'acide acétique cristallisable. Le précipité essoré et séché sous vide sulfurique a été recristallisé dans le benzène en aiguilles blanches fusibles à 127-128°. Le rendement en acide orthocyclohexylphénoxyacétique brut, fondant à 123-124°, a été de 71,5 %.

Analyse. — Masse moléculaire par acidité : 235, calculé 234; par cryométrie acétique : 232,8, calculé 234.

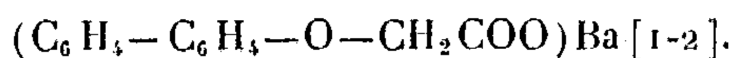
Orthocyclohexylphénoxyacétate de sodium

$$C_6H_{11}—C_6H_4—O—CH_2—COONa, 3H_2O \quad [1\text{-}2].$$

L'acide, en suspension dans l'eau à 80°, est neutralisé par le carbonate de sodium. Le sel cristallise en fines aiguilles blanches.

Analyse. — H_2O, 17,25 %, calculé 17,42; Na, 7,34 % et 7,46 %, calculé 7,42.

Orthocyclohexylphénoxyacétate de baryum



$$(C_6H_4—C_6H_4—O—CH_2COO)Ba \; [1\text{-}2].$$

Obtenu par double décomposition entre une solution chaude de sel de sodium et une solution neutre de chlorure de baryum. Le précipité, lavé, est cristallisé dans l'alcool. Il est anhydre.

Analyse. — Ba, 22,4 % et 22,6 %, calculé 22,7.

Orthocyclohexylphénoxyacétate d'argent :

$$(C_6H_{11}—C_6H_4—O—CH_2—COO)Ag \; [1\text{-}2].$$

Préparé par double décomposition entre le sel de sodium et le nitrate d'argent. Poudre blanche insoluble dans l'eau, se colorant à la lumière.

Analyse. — Ag, 31,9 % et 31,6 %, calculé 31,65.

Orthocyclohexylphénoxyacétate de cuivre :

$$(C_6H_{11}—C_6H_4—O—CH_2—COO)_2Cu \; [1\text{-}2].$$

Préparé par double décomposition entre le sel de sodium et le sulfate de cuivre à 60°. Poudre verte.

Analyse. — Cu, 12,00 % et 12,10 %, calculé 12,07.

Orthocyclohexylacétate de nickel :

$$(C_6H_{11}-C_6H_4-O-CH_2-COO)_2Ni\ [1-2].$$

Préparation identique à la précédente, mais à partir du nitrate de nickel. Poudre vert pâle.

Analyse. — Ni, 11,55 % et 11,40 %, calculé 11,25.

MINÉRALOGIE. — *Sur une synthèse de l'antigorite à basse température.* Note de M^lle **Simonne Caillère** et M. **Stéphane Hénin**.

Les observations effectuées dans la nature montrent que les argiles et les espèces voisines doivent se former assez facilement à basse température. D'autre part, le fait que de tels minéraux puissent prendre naissance par altération de substances ayant une structure différente, implique qu'au cours de la transformation celles-ci donnent par action de l'eau soit des solutions, soit au moins des suspensions à très petites micelles. Il doit donc être possible de réaliser la synthèse des argiles à partir de solutions. C'est ce que nous avons tenté en utilisant divers procédés.

Après un certain nombre d'essais, nous avons obtenu l'antigorite par le procédé suivant :

Dans un bécher, on verse 6^{cm^3} de solution concentrée de silicate de K et l'on ajoute 500^{cm^3} d'eau distillée. On place dans le liquide deux électrodes, l'une en platine de 3×5^{cm} environ, l'autre en magnésium de 3×3^{cm}. On établit une différence de potentiel de 90 volts et l'on fait passer le courant pendant 1^h30. Dans ces conditions, l'électrode de magnésium est fortement attaquée et l'on voit se former dans la solution un dépôt floconneux légèrement grisâtre. Ce produit a été recueilli sur un filtre, lavé à l'eau distillée et séché à l'étuve à 105°.

L'examen aux rayons X a montré qu'il s'agissait d'un corps bien cristallisé à équidistance principale de 7,2 Å et que l'ensemble des caractères du diagramme permet d'identifier à une antigorite.

Cette détermination a été confirmée par l'analyse thermique différentielle qui a fourni une courbe d'allure très voisine de celle de l'antigorite. Cependant, le crochet endothermique se situe à une température inférieure à celle du minéral de comparaison, caractère assez constant des substances artificielles.

Enfin, l'analyse chimique a donné les résultats suivants : colonne (*a*) que l'on comparera avec les résultats de la colonne (*b*) correspondant à la composition de l'antigorite d'Antigorio.

	(a).	(b).
SiO_2	40	40,75
Al_2O_3 / Fe_2O_3	0,75	9,10
MgO	32,52	36,94
CaO	–	1,62
H_2O +	15,75	11,74
H_2O —	10,17	0,31
	99,19	100,46

On constate que les deux analyses fournissent des résultats voisins. L'excès relatif de silice du produit de synthèse peut être attribué à la présence de silice amorphe.

Il semble que nous ayons trouvé une méthode qui permette d'entreprendre la synthèse des silicates hydratés à basse température. La réaction conduisant à la formation de l'antigorite se produit en milieu alcalin. Elle paraît liée à l'oxydation du métal qui fixe aussi bien les ions OH libres que les oxygènes liés au silicium; les éléments se disposent convenablement grâce à l'action du champ électrique.

Ces résultats montrent que la serpentinisation peut être possible dans les conditions de surface, c'est d'ailleurs ce que semble prouver l'existence des gisements de nouméite (antigorite nickélifère) de la Nouvelle-Calédonie ([1]).

GÉOPHYSIQUE. — *Sur la variation journalière de la marche des pendules et de la déviation de la verticale.* Note de M. **Nicolas Stoyko**, présentée par M. Ernest Esclangon.

A l'Observatoire de Paris, durant la période 1940-1943, l'étude comparée des pendules à gravité avec une horloge à diapason nous a montré l'existence d'un terme de jour moyen qui n'existe pas dans le développement du potentiel d'attraction luni-solaire.

Le terme de jour moyen dans la période d'une pendule peut être représenté par la formule

$$\Delta T = a \sin (t - \beta), \tag{1}$$

où a est l'amplitude exprimée en parties de la période de la pendule et $\beta = 8^h$ la phase de ce terme déterminée par l'observation.

Soient j la variation de la correction de la pendule entre 8^h et 20^h T. U. et n la même variation entre 20^h et 8^h T. U. En partant de la formule (1), on trouve pour Paris, par une étude portant sur quatre années,

$$n - j = -\frac{2}{\pi} 86400\, a = -0'',00028,$$

([1]) E. Glasser, *Les richesses minérales de la Nouvelle-Calédonie*, Paris, 1904.

d'où l'on conclut

$$\Delta T = 5{,}1 \times 10^{-9} \sin(t - 8^h).$$

M. Eblé (¹), par l'observation des pendules horizontaux dans les caves de l'Observatoire de Paris, a trouvé des variations journalières de la verticale. La longueur moyenne du demi-grand axe de l'ellipse décrite journellement par la verticale sous l'influence directe du Soleil est égale à $\delta_m = 0'',0029$.

En supposant que l'action solaire se traduit par une déformation des couches superficielles qui fait varier la distance de la pendule au centre de la Terre, on peut mettre ΔT sous la forme

$$\Delta T = A \cos z_m f(t), \tag{3}$$

où A est une constante, z_m la distance zénithale du Soleil à midi et $f(t)$ une fonction qui dépend de l'angle horaire du Soleil.

D'autre part, le déplacement dR des couches variant d'un point à l'autre de la surface, en raison de la variation correspondante de z, on en conclut une variation de l'inclinaison de ces couches se traduisant matériellement par une déviation apparente de la verticale, déviation qui peut, en conséquence, se mettre sous la forme

$$\delta = A(1 - \sin z_m) f(t). \tag{4}$$

En éliminant $f(t)$ dans les formules (3) et (4), on en déduit

$$\delta = (1 - \sin z_m) \sec z_m \, \Delta T.$$

La moyenne annuelle de $(1 - \sin z_m)\sec z_m$ est égale à 0,388. D'où

$$\delta = 0{,}388\, \Delta T = 1{,}98 . 10^{-9} \sin(t - 8^h).$$

En exprimant δ en secondes d'arc, on a, pour l'amplitude de déviation de la verticale, $\delta_m = 0'',0026$.

On voit que la déviation maximum de la verticale, en partant de la variation journalière des pendules, coïncide presque avec la valeur trouvée par M. Eblé d'après des observations directes avec des pendules horizontaux.

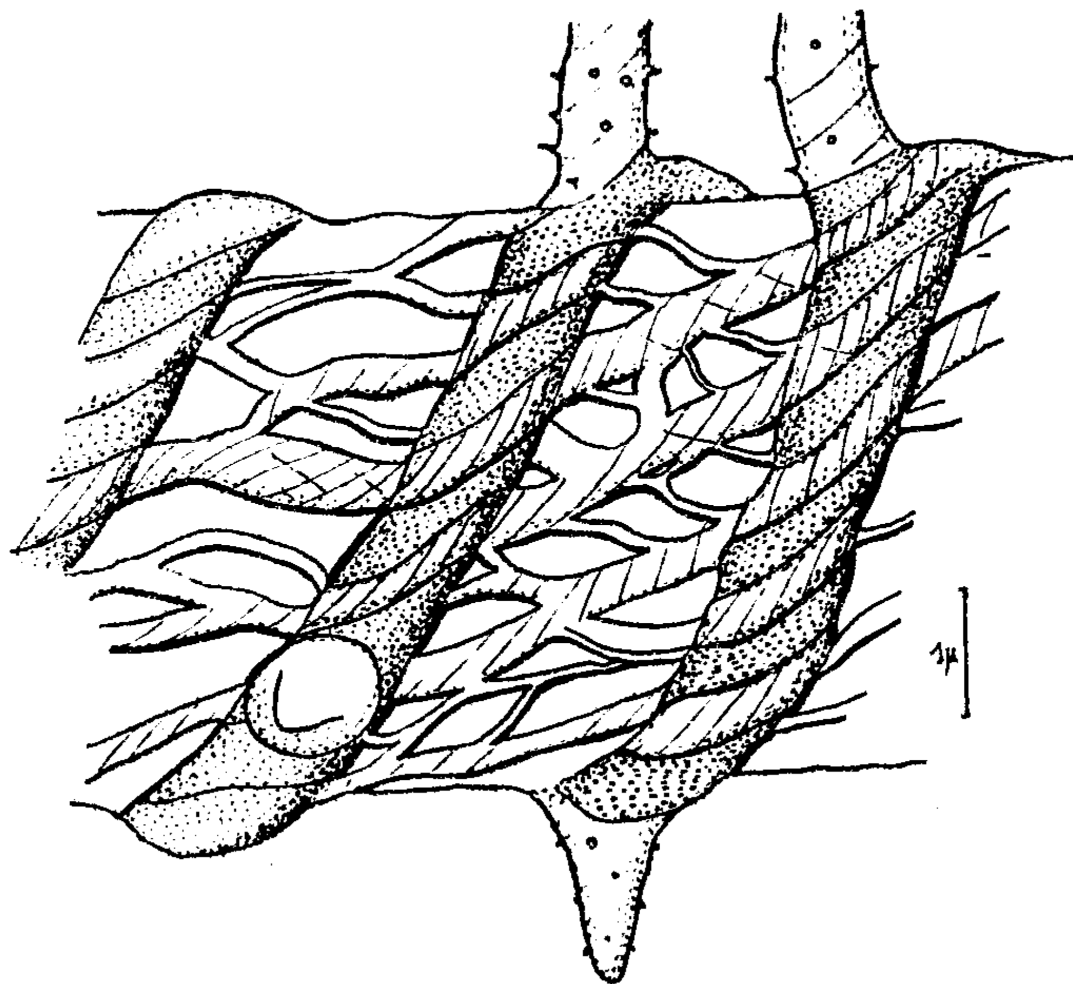
Par conséquent, la cause de ces deux variations journalières est la même et elle devrait provenir du rayonnement direct du Soleil.

On en conclut qu'il existe une liaison étroite entre ces deux variations (pendule et verticale) qui doivent ainsi se rapporter à une même cause provenant d'une action solaire, vraisemblablement d'ordre thermique, et autre que la simple attraction, laquelle n'engendre, en ce qui concerne le Soleil, que des variations semi-diurnes.

(¹) *Les déviations périodiques de la verticale à Paris*. Thèse, 1919, p. 80.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Structure du capillitium d'*Hemitrichia Serpula (*Myxomycète, Trichiacée*). Note (¹) de M. **Marcel Locquin**, présentée par M. Roger Heim.

Parmi le petit nombre d'espèces du genre *Hemitrichia* croissant en Europe, l'une, par la complexité de l'organisation de son capillitium, a retenu particulièrement notre attention. Il s'agit d'*H. Serpula* Rost. Avec un objectif à sec on aperçoit sans peine un système superficiel de trois ou quatre spires très marquées, hérissées de fortes épines, enserrant régulièrement les fibres du capillitium d'une extrémité à l'autre. En faisant subir à ces fibres une dégradation mécanique convenable, on arrive aisément à dissocier les grosses spirales en deux ou trois spires plus fines dont on peut également reconnaître l'infrastructure spiralée par l'examen en lumière polarisée (pas d'extinction). Un réseau délicat unit les grosses spirales, réseau à mailles irrégulières, d'allure losangique, dont les fibres constitutives ont un diamètre nettement plus fort



Portion de capillitium d'*Hemitrichia Serpula*. Représentation synthétique après observations successives à l'aide des moyens énumérés dans le texte. Les lignes fines indiquent schématiquement les orientations micellaires.

selon l'orientation qui se rapproche le plus de l'axe de la fibre. Observé à l'aide de divers dispositifs optiques inédits que nous avons mis au point spécialement pour l'étude de ces fines structures (²), ce réseau apparaît nettement spiralé et, par places, grillagé, à mailles losangiques. A mesure que l'on pénètre dans

(¹) Séance du 12 mai 1947.

(²) Objectif à réflecteur interne et objectifs à contraste de phase en lumière polarisée.

l'intérieur de la fibre jusqu'à la lumière centrale, ces structures complexes se simplifient graduellement en passant par une structure à micelles spiralées-grillagées, puis spiralées et enfin parallèles. Le sens de ces spirales est toujours le même : sinistrorsum.

Cette structure remarquable, multispiralée, provoque des tensions internes entre couches superficielles et couches profondes; elles ont pour effet de provoquer l'enroulement des fibres sur elles-mêmes, enroulement qui ne peut avoir lieu chez d'autres espèces à capillitium simplement spiralé, du fait de la rigidité de la chitine qui les constitue. Cette chitine est imprégnée, dans le cas particulier, d'oxalate et de carbonate de calcium, d'une matière cireuse non osmio-réductrice et de pigments de nature non encore précisée. La microincinération met nettement en évidence l'arrangement orienté-spiralé des incrustations minérales (car les cendres sont faiblement biréfringentes) ainsi que le haut degré de polymérisation de la chitine qui n'est complètement éliminée qu'au rouge clair. Les cendres contiennent des traces de fer et sont parfois légèrement bleutées. Parmi les réactifs usuels d'attaque, seul l'acide iodhydrique iodé fumant désorganise superficiellement la fibre. L'ensemble du capillitium est hérissé de très fins ornements de forme très particulière révélés par le microscope électronique et visibles avec une très bonne immersion et un éclairage soigneusement réglé, bien que leur plus grande dimension soit bien inférieure au dixième de micron.

En résumé, le capillitium d'*Hemitrichia Serpula*, principalement constitué de chitine, offre une structure spiralée complexe sans analogie avec celle des autres fibres végétales.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de la lumière donnée au milieu des nuits diversement longues sur la mise à fleurs des plantes de jours longs.* Note de Mme **Antoinette Taravet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'interruption de la période quotidienne d'obscurité par une courte période d'éclairement a été pratiquée surtout sur les plantes dites « de jours courts », qui sont, comme on sait, plutôt des plantes « de nuits longues ». Hamner et Bonner (1938), Hamner (1940), Harder et Bode (1943) (1), notamment, ont fait de tels essais qui les ont conduits à exprimer diverses théories sur la nature du photopériodisme.

Nous avons nous-même relaté dans une précédente Note (2) les résultats d'essais analogues, modifiés dans le choix du moment d'interruption de la période obscure.

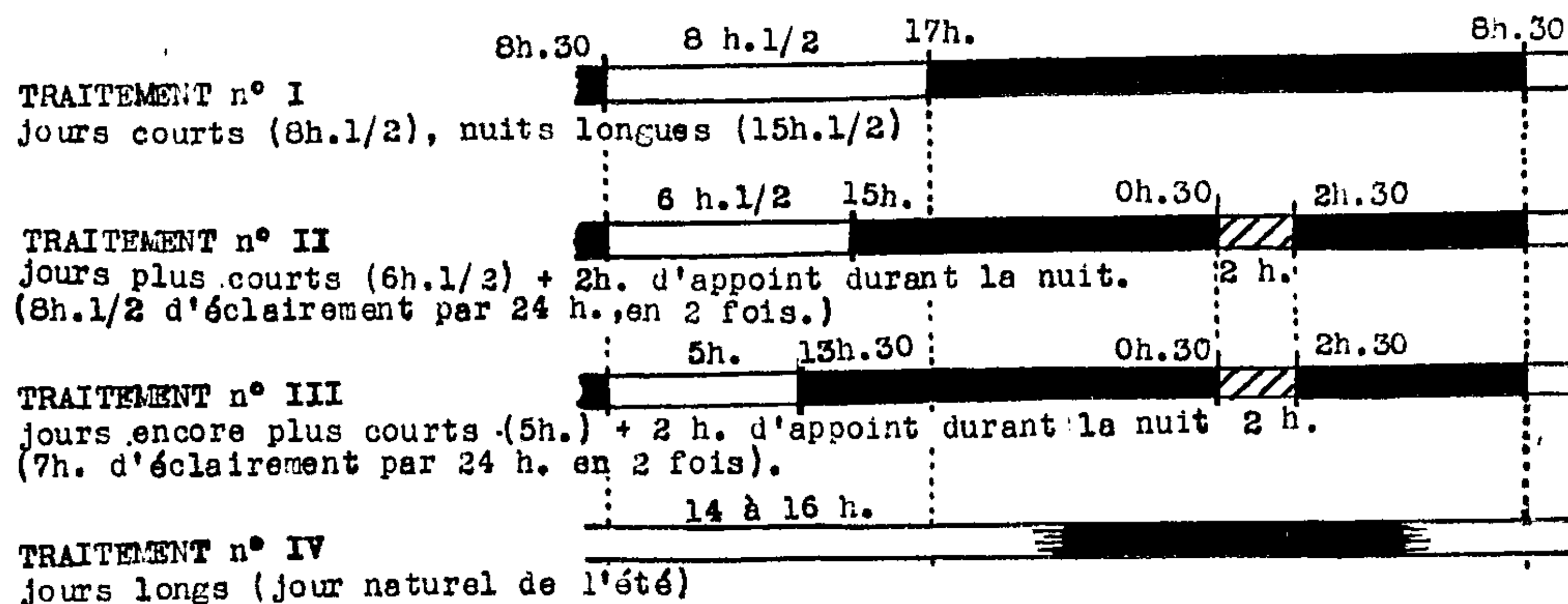
(1) Hamner et Bonner, *Bot. Gaz.*, **100**, 1935, p. 2; Hamner, *Bot. Gaz.*, **101**, 1940, p. 3; Harder et Bode, *Planta*, **33**, 1943, p. 4.

(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1373.

Mais il n'a été fait que de rares expériences, et seulement partielles, sur les plantes de longs jours. Nous avons tenu à combler cette lacune. A la différence des essais mentionnés ci-dessus, nous avons veillé à ce que l'adaptation d'un temps d'éclairement interrompant la nuit ne vienne pas donner, aux plantes ainsi traitées, plus d'heures d'éclairement au total qu'aux plantes témoins tenues en jours courts.

Voici le résumé du résultat de ces essais poursuivis au Laboratoire d'Agriculture du Conservatoire National des Arts et Métiers en 1946.

Les plantes de jours longs qui, normalement, ne sont mises à fleurs que par l'exposition à des périodes quotidiennes de long éclairement, interrompu ou coupé seulement des nuits courtes, sont élevées d'abord en jours courts de 8 h 30 mn jusqu'à ce qu'elles aient pris un développement végétatif suffisant. Elles sont alors partagées en lots exposés aux conditions définies dans le graphique ci-après :



(en blanc, éclairement naturel au soleil ;
- en hachures, éclairement d'appoint par lampe à incandescence : environ 500 lux).

Insertion de la lumière pendant la nuit.

Voici l'état des plantes dès le 1er septembre, sous les conditions indiquées ci-dessus

	Traitement.			
Espèce.	8 h 30 mn d'éclairement. I.	6 h 30 mn + 2 h d'éclairement. II.	5 h + 2 h d'éclairement. III.	Jour naturel (long). IV.
Hyoscyamus niger	Rosette	En fleurs	En boutons	En fleurs et début de fruits
Anethum graveolens...	»	En boutons	En tiges encore non en fleurs	En fleurs
Spinacia	»	Tiges en début de floraison	En tiges à boutons	»
Hyoscyamus albus	»	Tiges prêtes à floraison	En tiges encore non fleuries	»

Ce tableau montre que toute insertion de lumière interrompant la nuit longue accélère le développement reproductif des plantes de jours longs, exactement comme elle le retarde ou l'empêche chez les plantes de jours courts. L'accélération, sans atteindre celle que donnent les nuits courtes et les jours longs naturels de l'été, s'en rapproche beaucoup. Elle est d'ailleurs plus grande pour le traitement n° 2 que pour le traitement n° 3. La même dose d'éclairement, inefficace pour porter ces plantes à fleurs si elle est appliquée chaque jour en une fois, devient, si elle est appliquée en deux temps inégaux, presque aussi efficace que des doses doubles appliquées en une seule fois. Et même 7 heures d'éclairement quotidien reçues en deux temps égaux engagent la mise à fleurs tandis que 8 heures et demie données chaque jour en une fois laissent les plantes à l'état indéfiniment végétatif.

Ces faits, en attendant une explication cohérente, peuvent utilement servir de base à des mesures physicochimiques comparatives sur les plantes qui réagissent si diversement selon la manière dont est appliquée la même dose quotidienne d'éclairement.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Application de la méthode de dissolution sélective au fractionnement des principes immédiats de la graisse de Karité.* Note (1) de M. **Émile André** et Mlle **Jacqueline Pradain**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans de précédentes publications, l'un de nous a montré que l'application de la dissolution sélective au fractionnement des huiles et graisses et à celui des huiles minérales de graissage permet, sinon d'en séparer les principes immédiats à l'état de pureté, du moins d'opérer parmi eux un triage assez poussé et de concentrer certaines espèces chimiques sous un faible volume.

Un procédé qui donne de bons résultats consiste à dissoudre progressivement le produit à étudier dans un solvant moins dense que lui et qui ne lui est point miscible. On utilise un appareil du genre improprement appelé « perforateur » permettant d'épuiser systématiquement un liquide par un liquide; il a été décrit antérieurement (2) dans divers Mémoires.

Nous avons appliqué ce procédé au fractionnement de la graisse dite « beurre de Karité » qui est retirée de la graine d'un arbre de la famille des Sapotacées, le *Butyrospermum* Parkii (G. Don) Kotschy qui croît spontanément en Afrique tropicale.

La graisse de Karité est un mélange de corps gras et de latex. Le parenchyme des cotylédons de la graine contient à la fois des cellules bourrées de granu-

(1) Séance du 21 avril 1947.

(2) E. André et H. Canal, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 4e série, 43, 1928, p. 803; E. André, *Ibid.*, 4e série, 51, 1932, p. 869; 4e série, 53, 1933, p. 72; E. André et A. Bloch, *Ibid.*, 5e série, 2, 1935, pp. 789 et 802.

lations huileuses et de grains d'aleurone, et des cellules laticifères dont le contenu se mélange forcément à la graisse pendant son extraction. La composition des lipides du beurre de Karité est relativement simple, mais leur mélange avec une proportion plus ou moins grande d'un latex guttoïde se traduit par la présence d'une quantité anormale de matières insaponifiables et complique grandement leur étude. Nous avons cherché à savoir si les substances étrangères à la graisse ne pourraient pas être accumulées par dissolution sélective dans une ou plusieurs des fractions en lesquelles on pourrait la scinder.

Nous avons mis en œuvre une graisse de Karité commerciale dont nous avons vérifié les principales caractéristiques pour en fixer l'identité. La teneur en substances insaponifiables était de 5,7 %, l'indice d'iode (Hanus) de 54, l'indice de saponification de 182. Dans une première opération, nous avons scindé en quatre fractions 750^g de graisse. Sur chaque fraction nous avons déterminé : 1° l'indice d'iode, et 2° la teneur en matières insaponifiables. Les résultats obtenus figurent dans le tableau suivant :

Fractionnement de la graisse de Karité.

	Fractions.	Poids (g.).	Indice d'iode (Hanus).	Matières insaponifiables (%).
Matière mise en œuvre		750	54	5,7
Matières successivement dissoutes	A	99	56	9,3
	B	178	54	5,4
	C	203	54	5,5
Résidus non dissous	Z	270	–	4,7

En vue de fractionner à son tour le résidu Z resté non dissous, nous avons fait une deuxième opération qui a été un peu moins poussée que la première et qui a laissé un nouveau résidu pesant 377^g. Il a été réuni au précédent; la masse totale a permis de regarnir l'appareil.

Fractionnement de la graisse de Karité (suite) : Résidu Z.

	Fractions.	Poids (g.).	Indice d'iode (Hanus).	Matières insaponifiables (%).
Matière mise en œuvre		647	–	5,0
Matières successivement dissoutes	Za	167	53	4,8
	Zb	205	53	2,3
Résidus non dissous	Zz	275	80	7,0

L'examen des résultats qui figurent dans les tableaux ci-dessus permet de faire quelques remarques et de tirer quelques conclusions :

Il ne semble pas que la méthode permette de dégrossir beaucoup le mélange de glycérides du beurre de Karité qui est simple. On sait en effet que les acides gras qui estérifient le glycérol dans cette graisse sont surtout constitués par de l'acide oléique et de l'acide stéarique avec un peu d'acide palmitique. Il n'en va

pas de même pour les matières insaponifiables qui se répartissent nettement en deux groupes, celles qui passent en dissolution dans l'alcool et celles qui résistent à ce solvant. Les deux fractions les plus riches en *insaponifiable* sont en effet la fraction A qui contient les matériaux les plus solubles dans l'alcool et la fraction Zz où se sont accumulés ceux qui le sont le moins. Les fractions intermédiaires B, C et Za contiennent encore une certaine proportion d'insaponifiable soluble, l'avant-dernière fraction, Zb, en contient peu (2,3 %). Les chimistes qui ont étudié les matières insaponifiables du beurre de Karité ont établi qu'elles contiennent quatre alcools résineux isomères de formule $C_{30}H_{49}OH$, le lupéol, la β-amyrine, le basséol et le parkéol; ils existent dans le latex à l'état d'esters cinnamiques, ces esters tendent à s'accumuler dans les fractions les plus solubles.

Dans le résidu résistant c'est un carbure d'hydrogène de la famille du caoutchouc qui se trouve retenu. Il a été étudié à l'état pur par Hopkins et Young en 1931 ([3]) et par Bauer et Umbach en 1932 ([4]). Il porte le nom de Karitène, sa molécule contient cinq liaisons éthyléniques, son indice d'iode est de 287. C'est à lui qu'il faut attribuer l'élévation de l'indice d'iode de la fraction Zz restée insoluble, fait qui serait invraisemblable sans sa présence.

CHIMIE VÉGÉTALE ET TECHNOLOGIE. — *Relation entre le taux de pentosanes et la résistance dynamométrique de la filasse du Genêt à balais* (Sarothamnus scoparius *Koch*) *et de la filasse de la Massette* (Typha *sp.*). Note de MM. **Frédéric Maillard** et **Joseph Szymanek**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans une Note ([1]) antérieure, nous avons exposé la méthode de détermination de la teneur totale en pentosanes des filasses végétales. Appliquée au Genêt d'Espagne (*Spartium junceum* L.), elle nous a permis de conclure que les taux de pentosanes, dans les filasses de cette plante, sont inversement proportionnels à leur résistance dynamométrique.

Nous avons appliqué la même méthode à l'étude des filasses du Genêt à balais (*Sarothamnus scoparius* Koch) et de la Massette (Typha sp.), mais avec prédominance de *Typha angustifolia*. Le Genêt d'Espagne et le Genêt à balais n'ont de commun que leur dénomination populaire et sont génériquement différents, se distinguant nettement par leurs caractères morphologiques et anatomiques. La Massette, qui est une graminée, diffère totalement de ces deux plantes, les fibres provenant des feuilles.

([3]) *Journ. Soc. Chem. Ind.*, 50, 1931, p. 189 T.
([4]) *Berichte d. d. Ch. G.*, 65, 1932, p. 819; *Fette u. Seifen*, 44, 1937, p. 283.

([1]) *Comptes rendus*, 217, 1943, pp. 400-401.

La résistance dynamométrique des filasses étudiées a été mesurée par la méthode classique aboutissant à la détermination de leur longueur de rupture, c'est-à-dire la longueur de la fibre se rompant sous son propre poids. La longueur de rupture s'exprime en kilomètres.

Nos essais portent sur 16 échantillons de Genêt à balais de provenances, de qualités et d'âges divers, dont les longueurs de rupture s'échelonnent de 14,1 à $39^{km},5$, ce qui représente toute la gamme des résistances observées pour cette fibre. Le Typha provient en partie des peuplements de la Camargue et en partie de la Brière, constitués principalement de Typha angustifolia. Les essais portent sur 15 filasses dont les résistances dynamométriques varient de 11 à 26^{km}. Les filasses de Typha les plus faibles proviennent d'une plante altérée ou d'un dégommage insuffisant.

Le taux de pentosanes en % est rapporté au poids de la filasse sèche.

Le tableau I groupe l'ensemble des résultats pour le Genêt à balais et le tableau II les résultats pour le Typha.

TABLEAU I.

Longueur de rupture (km).	Taux % de pentosanes.	Longueur de rupture (km).	Taux % de pentosanes.
14,1	13,46	27,4	9,35
15	11,86	27,5	8,79
15,7	11,82	28,4	9,42
20,5	10,44	29,7	10,14
21,7	12,50	30	9,69
22,5	12,65	30,7	10,90
24,7	9,50	32,6	11,44
25,7	10,62	39,5	10,64

TABLEAU II.

Longueur de rupture (km).	Taux % de pentosanes.	Longueur de rupture (km).	Taux % de pentosanes.
11	24,70	17,1	22,80
11,4	23,23	19,1	20,50
12,5	24,36	19,2	21,05
13,8	22,78	19,5	21,50
14,3	23,39	22,4	20,54
14,9	23,56	23,3	21,18
15,5	22,70	26	19,47
16,3	22,42	–	–

Les chiffres de ces tableaux sont, dans leur ensemble, en accord avec les conclusions de notre étude sur les filasses de Genêt d'Espagne. Néanmoins, le rapport entre le taux de pentosanes et la résistance dynamométrique apparaît plus nettement dans l'étude des filasses de Typha que dans celle des filasses de Genêt à balais.

ZOOLOGIE. — Entosolenia marginata, *Foraminifère apogamique ectoparasite d'un autre Foraminifère* Discorbis vilardeboanus. Note de M. **Jean Le Calvez**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les *Entosolenia* sont de minuscules Foraminifères calcaires monothalames dont on rencontre les tests transparents depuis le Tertiaire, dans les sédiments marins de toute profondeur, sans qu'ils soient jamais très abondants. Les systématiciens en faisaient autrefois les formes primitives des *Lagenidae*; on

les considère maintenant comme des *Buliminidae* secondairement simplifiés (¹). Leur polymorphisme est intense; les formes de passage sont très nombreuses et la littérature taxonomique qui s'y rapporte est absolument chaotique. On ne connaît rien de leur biologie.

Des *Entosolenia marginata* portés en milieu de culture riche en Diatomées, bourgeons de *Cladophora* et d'*Enteromorpha*, où proliféreraient d'autres Foraminifères, dépérissent invariablement. Il est possible, par contre, de les cultiver lorsqu'on les associe à *Discorbis vilardeboanus*, autre Foraminifère de la famille des *Rotalidæ*, qui prospère avec la nourriture précitée. Tirés par leurs propres pseudopodes ou entraînés par ceux du *Discorbis*, les *Entosolenia* s'approchent lentement de ces derniers et s'installent sur leur face dorsale libre. Ils y restent dressés sur leur bouche. La couleur jaune saumon du sarcode, cantonné au fônd du test pendant toute la période végétative, indique qu'ils se nourrissent abondamment. Par contre, si l'hôte meurt ou se reproduit, les *Entosolenia* qu'il portait se dispersent et cherchent un *Discorbis vilardeboanus* vivant. *Entosolenia marginata* a donc perdu la faculté de mener une vie libre; l'existence de ce Foraminifère est liée impérativement à la présence d'une autre espèce dont il tire sa nourriture. Le mode d'alimentation est le suivant : l'*Entosolenia* étale ses pseudopodes sur la nappe d'ectoplasme extrathalamique dont le *Discorbis* recouvre son test, et capte les granulations qui circulent dans cet ectoplasme, pour les diriger vers sa propre bouche et les ingérer. Sur coupes, le cytoplasme de l'*Entosolenia* en est bourré. On peut donc parler d'ectoparasitisme. Il semble assez spécifique, car des *Entosolenia marginata* disposées sur des *Discorbis bertheloti* quittent invariablement cet hôte expérimental. C'est le premier Foraminifère dont le parasitisme soit démontré; Rhumbler (²) et Le Calvez (³) ont bien signalé plusieurs espèces chitinoïdes installées dans les tests inoccupés de Foraminifères arénacés, mais ces tests ne contenaient jamais aucune trace de sarcode originel.

La reproduction d'*Entosolenia marginata* est strictement asexuée. Elle s'annonce par l'envahissement de tout le test par le cytoplasme. Après quoi le Foraminifère quitte son hôte et gagne l'extérieur du bourrelet de déchets dont les *Rotalidæ* en croissance sont toujours entourés. Il se couche sur le côté, construit sur le fond du récipient de culture un kyste chitinoïde hémisphérique assez grossier, dans lequel sa région buccale se trouve seule engagée. Puis le cytoplasme de l'*Entosolenia* abandonne son test, s'écoule par la bouche dans la cavité du kyste après avoir dissous le tube entosolénien buccal, s'y découpe en plusieurs fragments (2 à 6) égaux, qui s'organisent, sécrètent un test calcaire identique à celui du parent, crèvent le kyste et retournent sur le *Discorbis*. Cette

(¹) J. A. Cushman, *Foraminifera*, Harvard Univ., 1940.

(²) *Zeits. f. wiss. Zool.*, 57, 1894, p. 597.

(³) *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 80, 1938, p. 163.

schizogonie se répète identiquement tous les dix jours environ; le rythme dépend de la température et de l'activité de l'hôte. Le noyau, unique pendant toute la vie végétative, se divise mitotiquement quand le cytoplasme passe du test dans le kyste. Aucune sexualité ne vient s'intercaler entre ces générations successives de schizontes; le développement d'*Entosolenia marginata* est donc strictement apogamique.

Si ce mode de vie et ce genre de reproduction s'étendent à tout le genre, ils expliqueraient pourquoi les *Entosolenia* ne sont jamais abondants : le nombre des descendants formés à chaque nouvelle génération est peu élevé et les chances de développement d'ectoparasites aussi peu mobiles sont faibles. En fait, plus de la moitié des tests vides récoltés dans les sédiments marins sont encore pourvus de leur tube entosolénien; c'est l'indication que ces Foraminifères sont morts sans avoir accompli leur schizogonie. L'absence de sexualité rend compte aussi de l'absence de dimorphisme; les générations se succèdent par simple bouturage, et cette apogamie est peut-être responsable de l'intense polymorphisme du genre : aucun processus sexuel ne venant conserver les types spécifiques par union compensatrice de deux gamètes.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur un stade critique de la croissance post-natale du Chat.* Note de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le jeune Chat, qui double son poids de naissance en moins d'une semaine, présente, vers le 10ᵉ jour, alors que son poids atteint en moyenne 225^{g}, une première diminution de son taux de croissance. C'est sensiblement à cette époque que s'effectuent l'ouverture des paupières, la descente des testicules dans le scrotum et les premiers mouvements de marche. L'étude de la croissance relative des organes et des segments squelettiques, poursuivie sur une série de chats de tous âges et sur quelques fœtus, m'a montré que ce stade du développement général correspondait à un stade critique séparant deux étapes distinctes de la croissance allométrique de nombreux organes.

Les poumons, les reins, la rate, la peau, présentent à ce moment un abaissement très net de leur coefficient (α) de croissance allométrique (de 1,05 à 0,4 pour les poumons; de 1,35 à 0,6 pour les reins). Il en est de même pour les thyroïdes et pour l'hypophyse, dont le poids atteint alors 10^{mg}. Les surrénales passent au contraire d'un régime de croissance allométrique nettement minorante à un régime d'allométrie légèrement majorante, qui se poursuivra jusqu'à l'âge adulte. La croissance allométrique du thymus, fortement majorante, n'est pas affectée par cette crise. Les données pondérales relatives au foie, offrant une assez grande variabilité, n'accusent pas de changement indubitable dans le régime de croissance relative. Les ovaires présentent une diminution de leur taux d'allométrie, qui semble au contraire augmenter pour les testicules.

Les longueurs des divers segments squelettiques des membres et des diverses régions de la colonne vertébrale, comparées à la racine cubique du poids du corps, sensiblement isométriques jusque-là, manifestent, à partir du 10e jour, une croissance allométrique nettement majorante, qui se poursuivra jusqu'à la puberté. L'allométrie est maxima dans la région lombaire et plus prononcée dans le membre postérieur que dans le membre antérieur.

L'étude de quelques fœtus de poids compris entre 10^g et 100^g permet d'affirmer que la première phase de la croissance post-natale, qui s'étend au 10e jour, n'est que le prolongement de la dernière période de la croissance fœtale. Un seul organe, le globe oculaire, présente, au cours de cette période fœtale, au voisinage de la naissance, un abaissement de son coefficient allométrique, qui prend la valeur $\alpha = 0,68$ et la conserve jusqu'à l'état adulte. Si la croissance fœtale comporte un stade critique, celui-ci ne peut se situer que dans la marge des poids inférieurs à 10^g.

Le stade critique de l'encéphale, caractérisé par une diminution brusque du coefficient allométrique de cet organe (de 0,9 à 0,2 environ), ne se produit que chez le Chaton de 6 semaines. Les stades critiques des organes nerveux, encéphale et globe oculaire, que l'on retrouve chez tous les Mammifères, manifestent donc, chez le Chat, une certaine indépendance à l'égard des stades remarquables de la croissance viscérale et squelettique.

La puberté est marquée par une recrudescence de la croissance relative pour la peau et les poumons, comparable à celle qu'on observe au même stade chez le Lapin et le Cobaye (1), et à laquelle, chez le Chat, s'associent les reins.

Le stade critique du 10e jour chez le Chat, qui se situe en pleine période d'allaitement, correspond très vraisemblablement à un changement, d'origine interne, dans l'équilibre humoral de l'organisme, comme l'indiquent les modifications subies à ce moment par le régime de croissance de l'hypophyse, des thyroïdes, des surrénales. J'ajoute que, d'après Cheymol (2), il se produit à cette époque une brusque augmentation du métabolisme de base et de la sensibilité de l'animal à la privation de l'oxygène.

Par ces caractères biométriques, ce stade critique post-natal du Chat offre une grande similitude avec le stade d'éveil hormonique, hypophysaire, thyroïdien et pancréatique, que j'ai pu caractériser, notamment chez les fœtus de Ruminants (3); mais il n'est pas non plus sans analogie avec le stade critique post-natal du Lapin, qui est postérieur au stade d'éveil hormonique. L'étude complète de la croissance fœtale du Chat et le contrôle histologique de l'activité des glandes endocrines au cours de la croissance permettront sans doute de préciser les homologies des phases de croissance du Chat avec celle des autres Mammifères.

---

(1) M. Abeloos, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 754.

(2) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **27**, 1945, p. 194.

(3) M. Abeloos, *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 241, 342 et 1459, et **223**, 1946, p. 49.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Le rôle des hormones sexuelles dans la morphogénèse du pénis chez l'embryon de Canard.* Note de M. **Étienne Wolff** et Mme **Émilienne Wolff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le pénis du Canard se constitue aux dépens d'un bourgeon plein, situé à la marge ventrale du cloaque, et dont l'ébauche existe dans les deux sexes. Nous appellerons ce bourgeon *tubercule génital*, par analogie avec l'ébauche des organes génitaux externes des Mammifères. Au 14e jour de l'incubation, ce tubercule, de forme conique, a une longueur de 0mm,8 environ; il a le même aspect dans les deux sexes : c'est le stade de l'indifférence ou de la bipotentialité sexuelle. Entre le 16e et le 20e jour, le tubercule génital régresse chez la femelle; il en reste parfois un petit rudiment de 0,3 à 0mm,4 de long. Chez le mâle, il se développe au contraire et atteint au 20e jour une longueur de 2mm.

Nous nous sommes demandé si le développement et l'inhibition de cet organe sont sous la dépendance des hormones sexuelles.

1. Nous avons injecté des doses de 0,15 à 0mg,25 de benzoate d'œstradiol en solution huileuse à des embryons de Canard incubés pendant 5 à 7 jours. Les mâles soumis à ce traitement présentent des phénomènes d'intersexualité des gonades et des conduits génitaux, analogues à ceux qui ont été décrits chez l'embryon de Poulet (1); dans les conditions de notre intervention, le degré de l'intersexualité, généralement faible, permet de reconnaître aisément les mâles génétiques des femelles. Les embryons ont été sacrifiés entre le 20e et le 22e jour. Sur 25 embryons qui ont atteint ce stade, aucun ne présente de pénis. Parmi eux, 9 mâles incontestables ont été identifiés. Même le rudiment qu'on observe parfois à ce stade chez les femelles normales a complètement disparu dans la plupart des cas.

2. Nous avons injecté du propionate de testostérone en suspension aqueuse à des embryons de 5 à 7 jours, à raison de 1mg environ par embryon. Tous les embryons, mâles et femelles, autopsiés au 20e ou 21e jour, possèdent un pénis caratéristique. (10 cas observés : 6 femelles, 4 mâles.) Chez une des femelles, cet organe est notablement moins développé que chez le mâle normal (1mm,4); chez les 5 autres, il a sensiblement les mêmes dimensions qu'un pénis mâle, tout en restant un peu au-dessous de la moyenne.

Ces résultats montrent, à propos d'un nouveau caractère sexuel primaire des Oiseaux, la puissance des hormones génitales dans la morphogénèse sexuelle. Ils attirent l'attention sur l'homologie entre la formation de l'organe copulateur du Canard et la différenciation des organes génitaux externes des Mammifères. Au stade indifférent, correspondant au *tubercule génital*, fait suite la phase de la réceptivité aux hormones, suivie de la différenciation sexuelle. Dans nos expériences, *l'hormone femelle fait régresser le tubercule génital chez le mâle, l'hor-*

(1) Étienne Wolff et A. Ginglinger, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2118 et *Arch. d'Anat., d'Hist. et d'Embr.*, 20, 1935, pp. 219-278.

mone mâle maintient et stimule cette formation chez la femelle, inversant ainsi les effets de la détermination génétique du sexe. Ces processus ont lieu au stade même où se produisent la différenciation du pénis chez le mâle normal, sa régression chez la femelle. Ces données complètent nos connaissances sur la différenciation des cararactères sexuels primaires des Oiseaux : les hormones génitales ont, une fois de plus, la même action morphogène que les *inducteurs* de la différenciation primaire des sexes. De tels résultats positifs nous paraissent de nature à apporter un argument nouveau à la thèse que nous défendons depuis 1935 sur la parenté chimique de ces deux catégories de substances.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Au sujet de l'expérience paradoxale de Fechner.* Note (1) de M. **Alexandre Ivanoff**, transmise par M. Jean Becquerel.

On regarde le ciel, un verre fumé étant placé devant un œil. Si l'on ferme cet œil, le ciel paraît *plus* lumineux.

Le phénomène a été étudié quantitativement par Fry et Bartley (2), par égalisation des brillances apparentes de la plage étudiée (vue normalement par un œil, et à travers un verre gris neutre par l'autre) et d'une plage de comparaison, vue binoculairement : lorsque le verre gris neutre était remplacé par un écran opaque, la brillance apparente de la plage étudiée augmentait dans un rapport mesurable grâce à la plage de comparaison. C'est ce que j'appellerai *comparaison simultanée binoculaire,* la plage de comparaison étant vue des deux yeux.

J'ai étudié le phénomène en lumière dirigée, utilisant le montage décrit dans ma Note précédente (3), en faisant varier la valeur de l'intensité de la source S_2 entre zéro et celle de l'intensité de la source S_1. La moitié supérieure de la lentille, constituant la plage étudiée, était ainsi vue binoculairement, les flux lumineux dirigés par elle dans les deux yeux étant inégaux (alors qu'ils étaient égaux dans l'étude ayant fait l'objet de ma Note précédente). La moitié inférieure de la lentille, constituant la plage de comparaison, n'envoyait de lumière que dans un seul œil. C'est ce que j'appellerai *comparaison simultanée monoculaire,* la plage de comparaison étant vue d'un seul œil.

Deux faits nouveaux me sont apparus :

1° *En comparaison simultanée monoculaire, le paradoxe de Fechner ne se produit que lorsque la plage de comparaison est vue de l'œil le moins éclairé.* — Lorsque la moitié supérieure de la lentille envoie des flux égaux dans les deux yeux, l'égalité des brillances apparentes des deux moitiés de la lentille a lieu pour une même valeur de la brillance de la moitié inférieure, que celle-ci éclaire un œil ou l'autre (c'était le cas dans ma Note précédente). Il n'en est plus rien lorsque la moitié supérieure de la lentille éclaire inégalement les deux

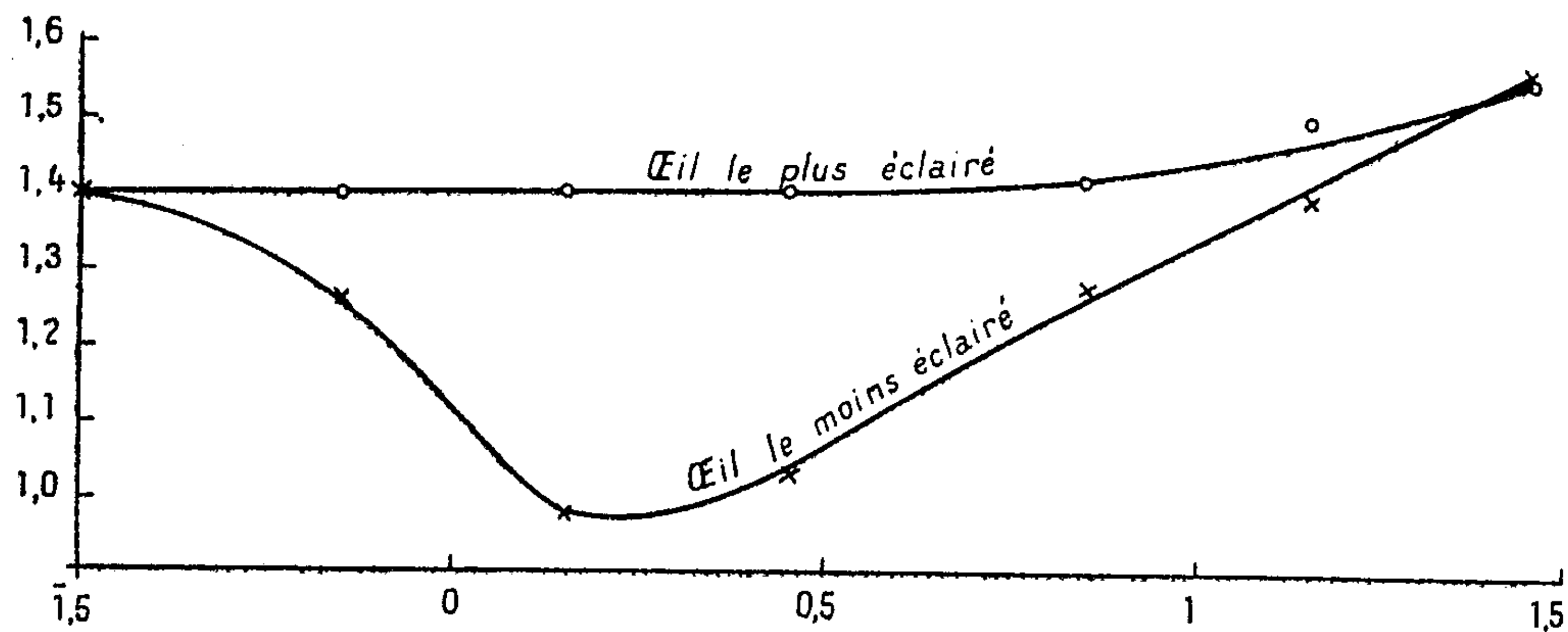
(1) Séance du 5 mai 1947.

(2) S. H. Bartley, *Vision* (New-York, 1941), pp. 245-8.

(3) *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 1183-5.

yeux : si la moitié inférieure de la lentille est vue par l'œil le moins éclairé, l'égalité des brillances apparentes est obtenue pour une valeur de la brillance de cette moitié inférieure plus faible que celle qui est nécessaire lorsqu'elle est vue par l'œil le plus éclairé.

La figure ci-dessous traduit les résultats obtenus pour un observateur.



Brillance de la moitié supérieure de la lentille pour l'œil le plus éclairé : 25 bougies par mètre carré ($\log 25 = 1,4$). En abscisses, le logarithme de la brillance en bougies par mètre carré de la moitié supérieure de la lentille pour l'œil le moins éclairé (variable entre 0 et 25 bougies par mètre carré). En ordonnées, le logarithme de la brillance en bougies par mètre carré de la moitié inférieure de la lentille, à égalité de brillances apparentes des deux plages.

Si la plage de comparaison est projetée dans l'œil le plus éclairé, sa brillance, à l'équilibre photométrique, reste d'abord constante, et commence à croître lorsque l'éclairement de l'œil le moins éclairé atteint le quart de celui de l'œil le plus éclairé. Le paradoxe de Fechner n'a pas lieu.

Si la plage de comparaison est projetée dans l'œil le moins éclairé, sa brillance, à l'équilibre photométrique, *décroît* lorsque la moitié supérieure de la lentille éclaire faiblement cet œil (paradoxe de Fechner), passe par un minimum lorsque la brillance de la moitié supérieure de la lentille pour l'œil le moins éclairé atteint 1,7 bougie par mètre carré, puis croît.

Lorsque les éclairements des deux yeux sont égaux (abscisse égal à 1,4), la brillance d'équilibre de la plage de comparaison est la même, que cette plage soit projetée dans un œil ou dans l'autre; c'est le point d'intersection des deux courbes [1].

2. *Le paradoxe de Fechner disparaît pour des brillances inférieures à 6 bougies par mètre carré.* — Dans le cas représenté sur la figure (brillance égale à 25 bougies par mètre carré pour l'œil le plus éclairé), le logarithme de la brillance de la plage de comparaison tombe de 1,40 à 0,97, soit de 0,43, par

[1] L'augmentation de brillance apparente en vision binoculaire est, dans le cas présent, de 33 %, ce qui concorde avec les chiffres donnés dans ma Note précédente.

effet Fechner. Prenons pour valeur de cet effet le chiffre dont le logarithme est 0,43, à savoir 2,69.

J'ai refait les mêmes mesures, la brillance de la moitié supérieure de la lentille pour l'œil le plus éclairé étant successivement égale à 12,5-6,3 et 2,5 bougies par mètre carré. Les valeurs correspondantes de l'effet Fechner (dont le maximum avait toujours approximativement lieu pour la même valeur de la brillance de la moitié supérieure de la lentille pour l'œil le moins éclairé) furent 2,24-1,45 et 1. L'effet Fechner diminue donc avec la brillance, et disparaît pour une brillance comprise entre 6 et 3 bougies par mètre carré.

Bien que datant d'un siècle, l'expérience paradoxale de Fechner n'a pas reçu jusqu'à présent d'explication pleinement satisfaisante.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Détection rapide du virus typhique chez les Ectoparasites par l'absorption des agglutinines spécifiques.* Note de MM. **Paul Giroud** et **Jean Jadin**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les auteurs classiques se basent sur les réactions biologiques chez le Cobaye, le Rat, la Souris pour différencier les divers typhus épidémiques ou murins. Ces techniques sont longues et difficiles et entraînent parfois des erreurs et des discussions nombreuses, étant donné les réactions de ces virus chez les animaux. Les sensibilités spéciales, non seulement de chaque espèce, mais de chaque souche animale, sont à prendre en considération, de même que les climats, les températures où ces animaux sont amenés à vivre. La pathologie spontanée inhérente à chaque espèce intervient elle aussi. De même que les cycles hormonaux et les carences jouent un rôle certain dans l'adaptation des virus à ces animaux.

Non seulement, pour ces différenciations, les inoculations étaient nécessaires, mais des épreuves devaient être recherchées avec des souches classiques maintenues dans les divers laboratoires mondiaux.

Depuis l'étude de la composition antigénique des rickettsies, on dispose de diverses réactions permettant un diagnostic sérologique.

Nous voulons, aujourd'hui, attirer l'attention sur la possibilité du diagnostic rapide d'une infection chez un ectoparasite, ayant sucé le sang d'un porteur de virus, par la fixation selon la technique exposée ci-après d'une certaine quantité d'anticorps contenus dans un sérum étalon.

Nous n'envisagerons que la fixation des agglutinines qui est le moyen le plus simple et le plus rapide pour faire un diagnostic différentiel avec un antigène donné.

Mode de réaction. — Des parasites suceurs ou leurs déjections sont broyés, mis en contact, pendant douze heures, à la température ambiante, avec les sérums spécifiques préalablement dosés et dilués au 1/20. Après centrifugation, les sérums ainsi traités sont utilisés pour agglutiner les rickettsies suivant une

technique microscopique courante dans notre laboratoire ([1]). La fixation élective de l'anticorps sur le sérum spécifique indique, sans erreur possible, l'antigène présent dans le parasite ou ses déjections.

Il ressort de l'exemple suivant que les agglutinines spécifiques sont épuisées lorsqu'on les met en présence de déjections de poux typhiques.

Absorption provoquée par des crottes de poux infectés (Virus épidémique).

	Taux des agglutinines.							
	80.	160.	320.	640.	1280.	2560.	5120.	10240.
Sérum épidémique étalon.								
Suspension épidémique.......	+++	+++	+++	+++	±	0		
» murine..........	++	++	0	0	0			
Même sérum + contact avec déjections de poux.								
Suspension épidémique.......	0	±	+	0	0			
» murine..........	++	++	±	0	0			
Sérum murin étalon.								
Suspension épidémique.......	++	++	++	0	0	0		
» murine..........	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	±
Même sérum + contact avec déjections de poux.								
Suspension épidémique.......	++	++	++	±	0	0	0	0
» murine..........	++	++	++	++	++	++	++	±

On voit donc un sérum typhique épidémique, mis en contact avec l'antigène *crottes de poux* homologue, perdre presque complètement ses agglutinines spécifiques, tandis que les agglutinines non spécifiques ne sont pas modifiées quantitativement. On voit aussi, par l'essai croisé, que le sérum murin voit ses agglutinines spécifiques non absorbées par l'antigène épidémique des crottes, et l'anticorps non spécifique épidémique non modifié par l'antigène spécifique épidémique. Nous avons étudié, par cette méthode, des poux, des puces, des tiques, des crottes infectées ou non.

Cette technique permet un diagnostic rapide du type d'antigène contenu dans un ectoparasite hémophage ou ses déjections; en 36 heures, elle permet de définir le type d'affection auquel on a affaire. Elle peut s'adresser à toutes les affections dont l'élément spécifique est visible et peut être mis en suspension homogène.

La séance est levée à $16^h 45^m$.

A. Lx.

([1]) La technique utilisée est celle décrite avec M. L. Giroud (*Journ. Méd. et Chir. Prat.*, **113**, 1942, p. 209, et *Bull. Soc. Path. Exot.*, **37**, 1944, p. 344).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 28 MAI 1947.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Edward Neville da Costa Andrade**, Membre de la « Royal Society », Professeur à l'Université de Londres, qui assiste à la séance et rappelle que M. Andrade fut le premier lauréat anglais du prix fondé par la Société française de Physique en mémoire de Fernand Holweck.

M. **Albert Demolon** s'exprime en ces termes :

L'Académie des Sciences m'a chargé de la représenter à la Conférence Internationale de Pédologie Méditerranéenne qui s'est déroulée du 1er au 20 mai 1947, à Montpellier, puis à Alger.

L'idée qui nous avait guidé dans l'organisation de cette Conférence était de rapprocher géologues, phytosociologues et pédologues en vue de confronter leurs points de vue pour tendre vers une classification et une nomenclature satisfaisantes des divers types de sols. D'autre part, les sols rouges méditerranéens et les sols à croûte calcaire si répandus en Afrique du Nord méritaient une attention particulière.

Il nous paraît que des discussions qui ont eu lieu, soit à l'amphithéâtre, soit sur le terrain, se sont dégagées des idées générales qui orienteront les pédologues vers l'établissement d'une hiérarchie des caractères, base nécessaire de toute systématique.

Enfin, les travaux de protection des sols contre l'érosion et l'irrigation des terrains salés ont mis en évidence quelques applications particulièrement fécondes de la Pédologie.

Un compte rendu de la Conférence sera publié.

Notice nécrologique sur Sir Almroth Edward Wright, par M. Hyacinthe Vincent.

Savant éminent, **Almroth Edward Wright** a consacré sa vie à l'étude de problèmes importants concernant la Pathologie infectieuse, l'Épidémiologie et la Thérapeutique antimicrobienne. Né en 1861, mort le 30 avril 1947, il a

poursuivi pendant de nombreuses années ses recherches à l'Hôpital Sainte-Marie, à Londres. Il a été Professeur à l'École de Médecine militaire de Netley.

L'Académie des Sciences lui a attribué en 1915 le prix Le Conte et l'a élu en 1918 Correspondant. Il est, depuis 1916, Membre Associé étranger de l'Académie de Médecine.

On doit à Wright des travaux importants sur le pouvoir opsonique des sérums normaux et spécifiques, leur action sur les agents pathogènes qu'ils rendent accessibles à la phagocytose. Il a fait ressortir la valeur de l'index opsonique pour la mesure de l'immunité. S'inspirant des travaux de Pasteur, il a mis en pratique la vaccinothérapie de diverses infections : streptococcie, gangrène gazeuse, gonococcie. Il a décrit une technique personnelle de la mesure du pouvoir hémobactéricide. Il considère les anticorps comme des éléments opsoniques et bactéricides dérivés des leucocytes.

Il a appliqué le principe de la méthode d'agglutination au diagnostic de la Fièvre de Malte et mis en pratique l'immuno-transfusion dans le traitement des infections rebelles.

On lui doit des recherches sur la coagulabilité du sang, sur l'emploi des sels de calcium dans le traitement des hémorragies, sur l'urticaire qui complique parfois les injections d'un sérum thérapeutique étranger, sur la coagulabilité du sang dans certaines infections, sur le pouvoir bactéricide du sang des sujets normaux ou vaccinés.

Le plus grand mérite de Sir Almroth Edward Wright revient à ses travaux sur la vaccination contre la fièvre typhoïde. Pasteur et ses disciples employaient la chaleur pour tuer les virus vaccinants. S'inspirant de ce principe, Pfeiffer et Kolle l'ont employé pour la préparation du vaccin antityphoïdique, mais le résultat était insuffisant en raison de la température trop élevée utilisée pour tuer le bacille. Wright reprend ces recherches d'abord seul, puis en collaboration avec Leishman. Il met en emploi les cultures tuées à la température de 53°. Il a ultérieurement additionné le vaccin de lysol. Les premières vaccinations ont été faites parmi les troupes anglaises envoyées dans l'Inde en 1896, puis en 1899 à l'occasion de la guerre contre les Boërs. La proportion des cas de fièvre typhoïde, ainsi que celle des décès, a été beaucoup plus faible chez les vaccinés que chez les non vaccinés : 7,29 cas pour 1000 et 1,2 décès pour 1000 chez les premiers. Les non vaccinés ont eu trois fois plus de cas et près de quatre fois plus de décès que les vaccinés. Pendant la guerre du Transvaal, les vaccinés ont eu près de 7 fois moins de cas et 6,65 fois moins de décès que les non vaccinés. Bien que certaine méthode moderne qui respecte intégralement le pouvoir immunigène des bacilles typhique et paratyphique se montre plus efficace, la méthode de Wright a rendu de très grands services et est toujours appliquée en certains pays.

L'Ouvrage publié en 1904 par Almroth Wright : *A short treatise on anti-*

typhoid inoculation résume la technique et l'ensemble des résultats donnés par sa méthode.

Nous avons le devoir d'honorer et d'admirer ce grand et savant médecin qui a rendu des services à l'humanité et qui, d'autre part, s'est montré, durant sa vie, un véritable ami de la France.

PHYSIOLOGIE. — *Le transit intestinal chez le Lapin en fonction de l'administration de farine simple, de farine calcique et de farine calcique et vitaminée* (*vitamine* D2). Note de MM. **Léon Binet**, **Roger Crosnier** et Mlle **Jacqueline Marguerite**.

Notre expérimentation a été réalisée avec une farine à taux d'extraction de 85 %, en trois temps successifs, après adaptation préliminaire à la ration alimentaire pour chacune des trois périodes.

Le transit a été mesuré par le test-carmin.

Régime.	Temps d'observation (jours).	Quantité moyenne absorbée par jour (g.).
1. Farine simple	9	125
2. Farine calcique (CO_3Ca à 5g ‰, soit appoint de 0g,62 de CO_3Ca, soit apport quotient de 0g,24 de Ca)	15	125
3. Farine calcique et vitaminée [vitamine D2 à 800 U. I. ‰ + CO_3Ca, soit apport quotidien de 0g,62 de CO_3Ca (0g,24 de Ca) et 100 U. I. de vitamine D2]	21	125

Ainsi défini, le régime pour les trois périodes et pour les quatre lapins testés était rigoureusement le même. Le substratum complémentaire donné sous forme de choux était également identique.

Les données numériques ont été exprimées en valeurs moyennes, valeurs extrêmes et valeurs exactes.

La valeur moyenne mérite seule d'être retenue, à titre de mesure comparative pratique.

	Total des déterminations.	Moyenne du transit. —	Écart.	
Farine simple	15	< 14 h	7 h	11 h
Farine + CO_3Ca	21	< 21 h		
Farine + CO_3Ca et vitamine D2	20	< 25 h 20 mn	> 4 h	

Ces données numériques permettent d'aboutir aux conclusions ci-après :

1° l'introduction de CO_3Ca dans la ration du Lapin allonge le temps du transit intestinal;

2° l'adjonction associée et simultanée de CO_3Ca et vitamine D2 augmente encore la durée du transit.

Les faits objectifs enregistrés démontrent donc l'intérêt réel du calcium donné sous forme de CO_3Ca, en tant que facteur antipéristaltique ou facteur modérateur du péristaltisme intestinal.

Ils sont à rapprocher des observations faites chez l'Homme par l'un de nous, puisque l'adjonction à la ration alimentaire de carbonate de calcium et de vitamine D_2 allonge chez lui le temps de transit intestinal, ce qui a pour effet de déterminer une rétention organique appréciable du calcium.

Le CO_3Ca dans un cas comme dans l'autre neutralise par ailleurs l'acide phytique du grain de blé ([1]).

La facilité avec laquelle le Lapin se prête à une telle expérimentation en fait un animal idéal pour l'étude des facteurs modificateurs du transit intestinal.

En ce qui concerne plus spécialement l'action du CO_3Ca sur le transit, les résultats obtenus chez le Lapin corroborent ceux qui sont enregistrés chez l'Homme, d'une manière encore plus démonstrative.

L'écart de transit observé entre la ration « farine simple » et la ration « farine calcique » est assez voisin de celui que nous avons noté d'autre part entre la ration « farine blutée » à 80 % et la ration « farine blutée » à 98 % ([2]) (7^h-7^h30).

Date.	Lapin.	Farine.	Nombre de détermi-nations.	Carmin. Fin de coloration.	Valeurs moyenne.	Valeurs extrêmes.	Valeurs exactes.
			Lapin 1.				
21 oct. 1946.....	N° 1	Simple	4	$<$ 16 h	$<$ 16 h	$<$ 16 h	
22 » »				$<$ 16			
23 » »				$<$ 16			
29 » »				$<$ 16			
27 nov. 1946.....	N° 1	Farine + 5 ‰	5	$\leqq$ 22 h	$\leqq$ 21 h 30	$\leqq$ 21 h $\leqq$ 22 h	
3 déc. »		de carbonate		= 21 30	et 21 h 15		21 h 30
5 » »		de calcium		$\leqq$ 21	des deux		
7 » »				$\leqq$ 21	valeurs		21
10 » »				= 21	exactes		
27 mars 1947.....	N° 1	Farine + 5 ‰	6	= 24 h 30	25 h 15	24 h 30–25 h 30	24 h 30
28 » »		de carbonate		= 25 30	et		25 30
1er avril »		de Ca + 800U		= 25 30	$\leqq$ 24 h		25 30
3 » »		de vitamine D		$\leqq$ 24			
11 » »				= 25 30			25 30
15 » »				= 25 30			25 30

(1) R. Crosnier, P. Girard, J. Renault et Mme S. Goussault, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 73.

(2) L. Binet, R. Crosnier et Mlle Marguerite, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 353.

Date.	Lapin.	Farine.	Nombre de détermi-nations.	Carmin. Fin de coloration.	Valeurs moyenne.	Valeurs extrêmes.	Valeurs exactes.
			Lapin 2.				
21 oct. 1946.....	N° 2	Simple	4	< 16 h 30	< 16 h 15	< 16 h < 16 h 30	
22 » »				< 16			
23 » »				= 16 30			16 h 30
29 » »				< 16			
30 nov. 1946.....	N° 2	Farine + 5 ‰	4	≦ 21 30	≦ 21 h 15	≦ 21 h ≦ 21 h 30	
5 déc. »		de carbonate		≦ 21			
7 » »		de calcium		≦ 21 30			21 h 30
10 » »				≦ 21 30			
26 mars 1947.....	N° 2	Farine + 5 ‰	6	= 25	= 25 h 30	25 h 26 h	25
28 » »		de carbonate		= 25 15	et ≦ 24		25 15
1er avril »		de Ca + 800U		25 30			25 30
3 » »		de vitamine D		26			26
11 » »				≦ 24			
15 » »				= 26			26
			Lapin 3.				
21 oct. 1946.....	N° 3	Simple	3	< 16 h	< 16 h	< 16 h	
24 » »				< 16			
29 » »				< 16			
27 nov. 1946.....	N° 3	Farine + 5 ‰	6	≦ 22 h 30	≦ 21 h 30	≦ 21 h ≦ 22 h 30	
30 » »		de carbonate		≦ 22			
3 déc. »		de calcium		≦ 21			
5 » »				≦ 21			21 h
10 » »				≦ 21			
13 » »				≦ 21			
25 mars 1947.....	N° 3	Farine + 5 ‰	4	= 25 h	= 26 h	25 h–27 h 30	25 h
1er avril »		de carbonate		= 25 15			25 15
9 » »		de Ca + 800U		= 27 30			27 30
17 » »		de vitamine D		= 26			26
			Lapin 4.				
21 oct. 1946.....	N° 4	Simple	4	< 16 h	< 16 h	< 16	
23 » »				< 16			
24 » »				< 16			
29 » »				< 16			
27 nov. 1946.....	N° 4	Farine + 5 ‰	6	= 22 h 30	≦ 21 h 15	≦ 21 h ≦ 21 h 30	22 h 30
30 » »		de carbonate		≦ 21			
3 déc. »		de calcium		≦ 21 30			
7 » »				≦ 21			
10 » »				≦ 21			
13 » »				≦ 21 30			
28 mars 1946.....	N° 4	Farine + 5 ‰	4	= 25 h 15	= 25 h 15	= 25 h–25 h 30	25 h 15
3 » »		de carbonate		= 25 30			25 30
11 » »		de Ca + 800U		= 25			25
17 » »		de vitamine D		= 25			25

GÉNÉTIQUE. — *Remarques sur une formule usuelle.*
Note ([1]) de M. **Robert Esnault-Pelterie.**

Dans une précédente Communication ([2]) j'ai indiqué les moyens par lesquels on peut tirer de l'analyse mathématique quelques indications précises sur la répartition de plusieurs homozygotes et de leurs hybrides dans le cas de non-équilibre de cette répartition, c'est-à-dire d'évolution numérique.

Mes formules ont été établies par rapport au taux τ des *gamètes* de l'un des homozygotes; il faut maintenant chercher s'il peut exister une relation entre cette variable et le temps t.

Hypothèse. — Nous supposerons que la *variation relative* de proportion de l'homozygote envahissant entre deux générations consécutives est constante. Cette hypothèse comporte plusieurs justifications raisonnables; on pourrait s'en départir moyennant certaines complications mathématiques.

Convention. — Nous adopterons comme intervalle de temps Δt, celui qui sépare deux ensembles de fécondations en parallèle.

Appelant, suivant la notation finale de la Note précédente, x la proportion des homozygotes AA, y celle des homozygotes BB et h celle des hybrides AB et BA, nous avions abouti au système

$$(1) \qquad (\text{IV}) \begin{cases} x = \tau^2, \\ h = 2\tau(1-\tau), \\ y = (1-\tau)^2, \end{cases}$$

où τ représente le taux des gamètes A, $(1-\tau)$ celui des gamètes B; les hybrides comprenant moitié de chaque, on aura

$$(2) \qquad x - y = 2\tau - 1 = \delta.$$

Notre hypothèse appliquée à x, conduit à

$$(12) \qquad \frac{\Delta x}{x} = \text{V}\,\Delta t,$$

V constituant ce que nous pourrons appeler le *coefficient d'excès de vitalité* de la race AA sur la race BB.

Comme il semble logique d'envisager d'abord des cas de faible empiètement à chaque génération, nous confondrons les différences finies avec les différentielles; après remplacement de x par sa valeur IV en τ et intégration, nous aboutirons à

$$(13) \qquad t = \frac{2}{\text{V}} \,\text{Ln}\, \frac{\tau}{\tau_0},$$

t_0 étant pris égal à zéro.

Il semble pourtant que notre hypothèse doivent s'appliquer, non seulement aux gamètes a et à des homozygotes AA, mais encore à ceux portés par les

([1]) Séance du 19 mai 1947.

([2]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1404.

hybrides; cela revient à remplacer dans les formules ci-dessus x par $(x+h/2)$, ce qui conduit à

(14) $$t=\frac{1}{V}\,\mathrm{Ln}\,\frac{\tau}{\tau_0},$$

valeur moitié de la précédente. C'est cette forme que j'adopterai.

Lors d'un premier examen, j'avais supposé que l'hybride muté initial apparaissait au sein de 1 000 000 d'homozygotes préexistants. Cela pourrait s'appliquer, peut-être, aux cas de dispersion du pollen par un vent violent. Dans certains cas du règne animal, par contre, le muté n'aurait de relations possibles qu'avec un très petit nombre de préexistants. J'adopterai, comme indicatif, un cas intermédiaire en admettant que le muté se trouve en relation immédiate, à l'instant $t=0$, avec un millier d'homozygotes BB préexistants; soit $\tau_0=1/1\,000$ (ceci justifierait évidemment une discussion plus poussée, mais il ne s'agit que de prospection).

Nous adopterons le faible coefficient d'excès de vitalité

(15) $$V=1/1000.$$

Notre formule (14) devient ainsi

(16) $$t=1000\,\mathrm{Ln}\,1000\tau,$$

ou

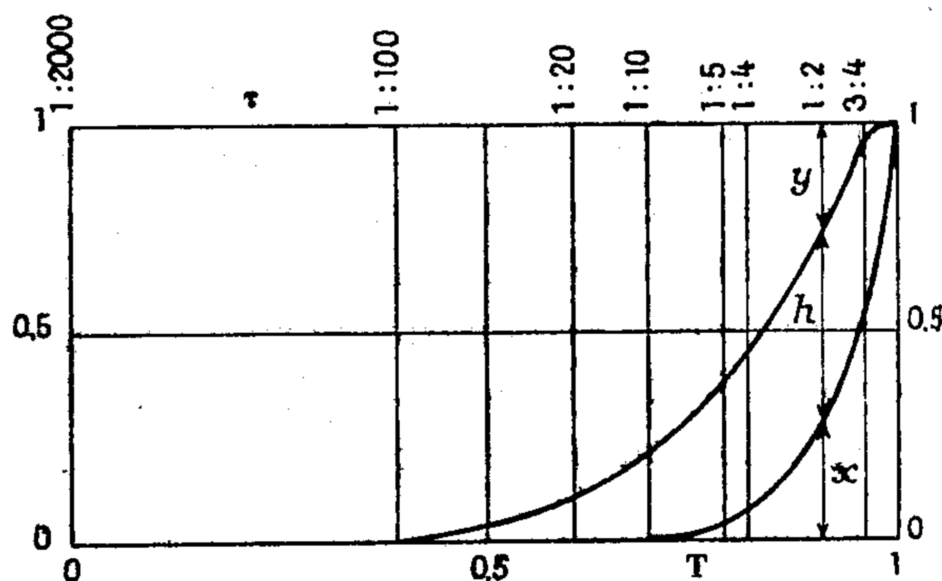
(16′) $$t=2302{,}6\log 1000\tau.$$

La supplantation totale ayant lieu pour $\tau=1$, nous voyons qu'elle correspond à un temps

(17) $$T=2302{,}6\times 3=6908;$$

nos conventions équivalant à avoir pris, pour unité de temps, celui qui sépare deux générations consécutives, nous voyons que le faible avantage de 1/1000 par génération assure aux nouveaux homozygotes un évincement *complet* des préexistants en 6900 générations. Pour l'Homme, cela représenterait 200 000 ans environ; pour la Drosophile (période 12 jours à 24° = 30 générations par an), 200 ans.

Le diagramme de la précédente Note, anamorphosé en abscisses temps selon les résultats ci-dessus, devient :



Dénommant *période* la durée de substitution totale, on voit que les hybrides commencent à être décelables vers la moitié, c'est-à-dire, ici, au bout de 3400 générations, alors que les nouveaux homozygotes le sont à peine aux 3/4 de la période; ensuite l'élimination va très vite. Il est digne de remarque que les durées trouvées pour l'Homme cadrent avec celles des périodes évolutives paléontologiques; de telles durées excluent du reste toute vérification expérimentale par une seule génération de savants, même avec les Drosophiles.

Heureusement, l'expérience offre d'autres ressources : désirant vérifier si une race possède une prépondérance sur une autre, on pourra les mélanger à égalité numérique et en observer la variation à partir de cet état. Avec le même coefficient $V = 1/1000$, il faudrait alors 700 générations pour l'élimination complète de la race faible; c'est encore trop.

On pourra faire mieux en établissant deux mélanges, l'un à 1/4 d'une race et 3/4 de l'autre, le second avec la répartition inverse. Toujours avec le même coefficient, on verrait l'un des mélanges varier fort peu, tandis que l'autre atteindrait l'élimination totale en 300 générations, l'un servant de contrôle à l'autre. Ceci représenterait dix ans avec les Drosophiles (avec une proportion initiale 9/1, trois ans). Observons pourtant que le coefficient $V = 1/1000$ est faible; si l'on avait $V = 1/100$, les choses iraient dix fois plus vite.

Il ne faut, malheureusement, pas trop se leurrer sur les promesses d'une telle expérimentation; seules, en effet, sont décelables, les variations liées à un facteur morphogène, et celles-ci ne sont pas forcément liées à un facteur biogène ou d'action sensible sur la vitalité. Des facteurs à forte action biogène (positive ou négative) peuvent donc nous demeurer indécelables par absence de variation morphologique liée; aussi quelques échecs ne devraient-ils pas rebuter les biologistes.

Par contre, dans les cas où, comme pour les Drosophiles, il est possible d'effectuer des élevages en milieu stérile, l'action d'un facteur physique, chimique ou biologique, sur le rapport de vitalité de deux races, pourrait être mis en évidence par le second procédé indiqué. Il serait ainsi loisible de vérifier le bien-fondé de mon hypothèse sur la fonction liant les deux variables t et τ, ou d'en déterminer les coefficients numériques; peut-être de les lier au degré d'intensité de l'action étudiée.

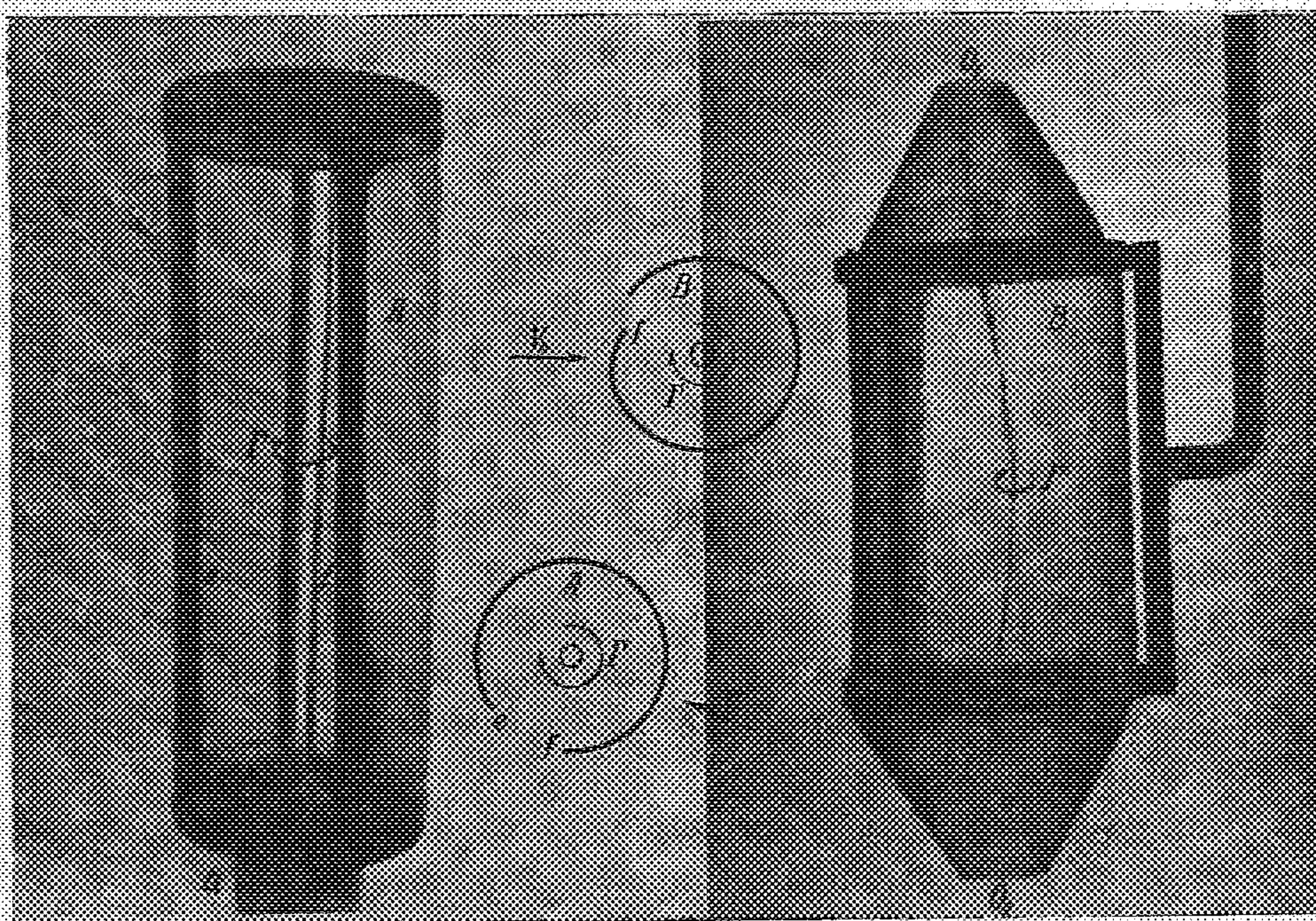
Remarque. — Dans le cas où un seul muté initial se trouve en présence d'un grand nombre de préexistants, les généticiens utilisent une formule de probabilité. Je ne pense pas qu'elle soit justifiée hors du cas des êtres unicellulaires ou produisant un faible nombre de gamètes. Il semble que, dans le cas de métazoaire où l'unique muté produit dès l'origine un nombre immense de gamètes, ma formule soit valable dès cette origine, la loi des grands nombres jouant immédiatement, même sur une *proportion* très faible.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Génération et variation de la circulation par l'effet de puits.* Note de M. DIMITRI RIABOUCHINSKY.

On admettait encore récemment ([1]) que les *tourbillons pleins*, constitués par un moyeu tourbillonnaire entouré d'un mouvement cyclique irrotationnel, sont engendrés par de simples *enroulements* de couches limites se détachant des parois des solides. Le problème des fentes d'aspiration n'était aussi traité que du point de vue d'aspiration de couches limites ([2]).

L'auteur ([3]) a opposé à ces théories les thèses que c'est l'effet de puits qui joue le rôle essentiel dans la génération des tourbillons pleins ou creux, et celle des circulations en général, et qu'il serait préférable d'appliquer, en première approximation, au problème des fentes d'aspiration, la théorie des puits liés au solide dans un fluide parfait.

Pour mettre en évidence qu'il en est effectivement ainsi, l'auteur a réalisé les expériences représentées dans la figure ci-dessous. Les cylindres A et B en



celluloid sont maintenus dans une cuve à circulation d'eau de vitesse V_0. Ces cylindres, dont les sections droites sont indiquées sur la figure, sont

([1]) L. PRANDTL, *The Generation of Vortices in Fluids of small Viscosity* (*The Royal Aeronautical Society. Aeronautical Reprints*, n° 20, London, 1927, p. 18).

([2]) J. ACKERET, *Grenzschichtabsaugung* (*Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure*, Berlin, 1926, p. 1153).

([3]) *C. R. du IIIe Congrès Intern. de la Navig. Aérienne*, Bruxelles, 2, 1925, p. 181; *C. R. du IIIe Congrès Intern. de Mécanique appliquée*, Stockholm, 1930; *Théorie cavitationnelle de la résistance des fluides*, p. 7.

pourvus de fentes longitudinales. Le cylindre A est muni d'un tube d'aspiration a et, dans le cas du cylindre B, c'est la dépression dans les orifices O_1, O_2, produite par le courant, qui détermine l'aspiration obligeant le fluide à pénétrer dans le cylindre par la fente. Le sens de la circulation dépend de la position de la fente ef du cylindre A par rapport à la vitesse V_0 du courant et, dans le cas du cylindre B, du bord f recourbé vers l'extérieur du cylindre.

Ce sont les asymétries de forme et de mouvement et les bords de fuite en lames effilées, favorisant l'apparition de circulations autour des *lignes d'aspiration*, qui doivent être considérés comme deuxième condition nécessaire à la génération de tourbillons pleins ou creux, la première étant la présence d'aspirations spontanées ou artificielles. Sur la figure on voit nettement les cavités axiales des tourbillons creux qui se forment dès qu'il y a aspiration et qui disparaissent dans les cylindres A et B avec elle. En l'absence d'aspiration le mouvement dans le cylindre A est un mouvement giratoire d'ensemble, entretenu par le frottement exercé à travers la fente, par le courant contournant le cylindre, sur le fluide contenu dans ce dernier. Dans chaque section droite du cylindre A le mouvement peut être considéré approximativement comme plan, sauf au voisinage de la cavité où la composante axiale de la vitesse devient fortement accusée.

Cette circonstance permet de concilier la conception d'un *puits permanent* avec le principe de la conservation de la matière et de dire, en appliquant le théorème des projections de quantités de mouvement, dans le cas où le fluide aspiré est évacué orthogonalement à la vitesse à l'infini V_0, que la *résistance à l'avancement d'un puits ou d'un puits-tourbillon* est égale, aussi bien pour les mouvements plans que tridimensionnels, à $\rho Q V_0$, où ρ est la densité du fluide et Q — *l'aspiration* (l'intensité du puits), c'est-à-dire le volume du fluide aspiré par unité de temps.

L'expérience du cylindre A de la figure semble permettre de prévoir qu'il serait possible d'assurer par ce procédé une aspiration uniforme le long d'une aile d'avion. L'auteur a développé une théorie hydrodynamique bidimensionnelle de ce procédé.

Les étapes successives de la formation d'un tourbillon creux en présence d'une arête vive d'un corps, mis brusquement en mouvement dans un liquide, peuvent être esquissées, du point de vue de l'auteur, comme suit : 1° la cavité initiale qui se forme le long de l'arête peut être traitée comme ligne de sources de débit variable; 2° lorsque la cavité atteint son expansion maximum, les filets fluides qui la contournent en la détachant de la paroi, rendent le volume occupé par le fluide doublement ou triplement connexe, et la collision qui se produit dans l'espace étroit séparant la cavité de la paroi du corps, des deux masses fluides primitivement séparées, engendre une circulation autour du corps, s'il y a lieu de la cavité, tandis que cette dernière se contracte en se comportant comme source-tourbillon. En appliquant la théorie des pressions impulsives, on

constate que les vitesses normales aux points correspondant sur les deux faces de la bande étroite d'entrechoquement S peuvent être égalisées, mais les composantes tangentielles des vitesses varient d'une façon discontinue; 3° la bande S et quelques éléments rotationnels de la couche limite, attirés par la ligne de puits s'enrouleront autour de la cavité du tourbillon-creux qui s'est formé et qui peut ensuite se contracter et se dilater périodiquement. Ce schéma se rapproche de celui de Lord Kelvin (4), mais s'en distingue aussi sur quelques points importants, et tient compte d'une observation de M. Jacques Hadamard (5).

Dans l'un de ses travaux (6), l'auteur a reproduit une suite de photographies de la génération d'un anneau-tourbillon par la brusque mise en mouvement d'un disque biseauté, obtenues dans son appareil de cavitation en utilisant comme mode d'éclairage le Stroborama Seguin. Les photographies semblent être en bon accord avec la théorie que l'auteur vient d'exposer.

MICROBIOLOGIE. — *Action du latex de figuier sur le virus de la Rage.* Note (1) de MM. **Paul Remlinger** et **Jacques Bailly.**

Il n'est pas de sécrétion ou d'excrétion de parenchyme ou d'extrait d'organe dont l'action sur le virus rabique n'ait été recherchée. A l'inverse du règne animal, le monde végétal n'a, depuis cinquante ans et jusqu'ici, fourni aucune donnée à cette étude. Les hypothèses sur la nature du virus s'y opposaient. On ne pouvait concevoir, en effet, qu'une substance végétale quelle qu'elle fut, pût exercer une action quelconque sur un être vivant étroitement adapté au système nerveux des Mammifères. Les conceptions actuelles permettent au contraire de prévoir que les produits végétaux riches en enzymes protéolytiques doivent déterminer l'inactivation du virus de la Rage. Guidés par cette idée, nous avons déjà montré que les sucs de deux espèces d'Agaves détruisent la virulence rabique *in vitro* par protéolyse. Le latex de Figuier présente la même propriété.

En cueillant sur un Figuier de Carie (*Ficus Carica* L.) des syncones immatures par section oblique des pédoncules, on voit sourdre une grosse goutte de latex qu'il est possible de recueillir dans un récipient stérile. Par ce moyen, on récolte 5^{cm^3} d'un suc blanc mat, opaque, semblable à du lait. On l'émulsionne dans l'eau distillée de manière à obtenir une dilution au cinquième. Celle-ci est filtrée sur une bougie Chamberland L2, car il est impossible de l'obtenir aseptique. Le filtrat est un liquide limpide, incolore; il est mis en contact en milieu neutre (pH 7,2) avec une émulsion au 1/50 de cerveau d'un lapin mort du virus fixe. Les quantités de dilution de suc sont telles que le titre de latex

(4) *Math. and Phys. Papers*, vol. IV, p. 179; *Phil. Mag.*, 23, 1887, pp. 255-257.

(5) *Leçons sur la Propagation des Ondes*, Paris, 1903, p. 356.

(6) *Public. Scient. et Tech. du Ministère de l'Air*, **145**, Paris, 1939, p. 17.

(1) Séance du 6 mai 1947.

pur de chaque mélange varie de 1/10 à 1/50. Comme témoin, on prend l'émulsion de virus additionnée d'un volume d'eau égal au volume le plus élevé de dilution de suc de Figuier employé. Après un séjour de 17 heures à l'obscurité à 15°, des échantillons de chaque mélange sont inoculés sous la dure-mère de la Souris. Les résultats peuvent être condensés en un tableau synoptique :

	Virus fixe + latex au titre de				Témoins
	1/10.	1/15.	1/20.	1/50.	virus fixe + eau.
Souris.................	∞	∞	∞	∞	+
Souris.................	∞	∞	∞	∞	+

∞ survie; + mort de la Rage.

Le latex de Figuier, comme les sucs de diverses espèces d'Agaves renferme une diastase protéolytique. Comme eux, il détruit le virus de la Rage.

M. **Albert Pérard** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier dans la Collection « Que sais-je ? » : *Les mesures physiques*.

M. **Charles Camichel** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Léopold Escande intitulé *Compléments d'hydraulique*, 1re partie, dont il a écrit la *Préface*.

Cet Ouvrage concerne un ensemble de recherches théoriques et expérimentales très variées : écoulement de l'eau dans un coude de canal découvert, pertes de charge à la traversée des grilles, utilisation des Vortex pour l'absorption des corps flottants par les évacuateurs de crue, similitude des phénomènes d'entraînement d'air étudiée sur l'ouvrage de rupture de charge de l'usine du Carcanet, problèmes divers sur les coups de bélier, surpression énorme que peut entraîner la fermeture spontanée d'une vanne papillon libérée de ses organes de commande, ajutage rentrant, nouveaux points de vue sur le principe du maximum de débit d'un barrage déversoir, similitude des rugosités, dispositifs simples de récupération partielle de l'énergie cinétique en bout de conduite.

M. **Elmer Drew Merrill** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire, écrit en collaboration avec M. L. M. Perry : *The Myrtaceous genus Syzygium Gaertner in Borneo*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° A. Gloden. *Table des solutions de la congruence* $X^4 + 1 \equiv 0 \pmod{p}$ *pour* $350000 < p < 500000$.

2° Tomas Barrera. *Guia geologica de Oaxaca*.

3° Raul Lozano Garcia. *Estudio tecnologico de la industria de la sal en Mexico*.

4° *Revista de investigaciones agricolas. Organo oficial de la direccion general de investigaciones del Ministerio de Agricultura de la Nacion.* Tomo I, N° 1, Enero, 1947.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Extension d'un théorème de Tœplitz.* Note (¹) de M. **Raymond Marrot**, présentée par M. Gaston Julia.

Soient $\mathfrak{h}$ un espace de Hilbert en général *non séparable*, A un opérateur fermé défini dans $\mathfrak{h}$. On a l'extension suivante d'un théorème de Tœplitz. Pour que A admette un inverse borné, il faut et il suffit que les normes matricielles $n(AA^*)$ et $n(A^*A)$ soient toutes deux non nulles. Il suffit d'établir que la condition est suffisante, c'est-à-dire de voir que l'équation $Af = g$ possède une solution unique quel que soit $g \in \mathfrak{h}$.

1° Si $g \in D_{A^*}$, la fonctionnelle $\| Af - g \|^2$, où f parcourt le domaine d'existence D_{A^*A} (dense puisque D_A est dense par hypothèse), possède une borne inférieure $m \geqq 0$. Si f_n est une suite minimisante, on voit grâce à l'identité usuelle

$$\| A(f_n - f_{n+p}) \|^2 + 4 \left\| A \frac{f_n + f_{n+p}}{2} - g \right\|^2 = 2 \{ \| Af_n - g \|^2 + \| Af_{n+p} - g \|^2 \}$$

que les suites f_n et Af_n ont des limites fortes f_0 et g_0, ce qui entraîne $g_0 = Af_0$. Écrivant alors que la fonctionnelle atteint son minimum en f_0, on obtient grâce à l'hypothèse $g \in D_{A^*}$ et au fait connu que A est le plus petit prolongement fermé de sa restriction à D_{A^*A} : $A^*(Af_0 - g) = 0$, d'où $Af_0 = g$. La solution f_0 est d'ailleurs unique et $m = 0$.

2° Si g est quelconque, soit g_i une suite de points de D_{A^*} tendant fortement vers g, on voit que $\inf_{f \in D_A} \| Af - g \|^2 = 0$. Si donc f_n est une suite minimisante, f_n et Af_n sont fortement convergentes et l'on obtient encore une solution unique de $Af = g$.

La correspondance entre g et f est partout définie et continue, donc bornée.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'allure à l'infini d'un écoulement permanent lent.* Note (¹) de M. **Jean-Jacques Moreau**, présentée par M. Henri Villat.

Les mouvements permanents lents d'un fluide visqueux incompressible dans l'espace à trois dimensions sont régis par les équations aux dérivées partielles

(¹) Séance du 19 mai 1947.

(¹) Séance du 19 mai 1947.

de Stokes ([2]), qu'on écrit sous forme vectorielle

(1) $$\mu \Delta \vec{u} - \operatorname{grad} p = 0,$$

(2) $$\operatorname{div} \vec{u} = 0,$$

où $\vec{u}$ est le vecteur vitesse et p la pression (ou, plus généralement, la somme de la pression et d'une fonction de forces).

A notre connaissance, tous les auteurs qui étudient les problèmes extérieurs relatifs aux solutions de ce système sont contraints de préciser l'hypothèse du *repos à l'infini* par les conditions suivantes, posées *a priori* :

$\vec{u}$ est à l'infini de l'ordre de $1/R$ (ou d'ordre supérieur);

p tend à l'infini vers une constante p_0, la différence $p - p_0$ étant de l'ordre de $1/R^2$ (ou d'ordre supérieur).

Nous montrons pour notre part que le seul fait de supposer la vitesse tendant uniformément vers zéro à l'infini suffit à assurer les deux points précédents.

On peut appuyer la démonstration sur le lemme que voici :

Si un vecteur $\vec{v}$ vérifie les équations de Stokes dans tout l'espace et tend uniformément vers zéro à l'infini, il est identiquement nul et la pression correspondante est une constante.

En effet, d'un point M comme centre, décrivons une sphère Σ de rayon R, limitant un domaine D. Un théorème classique d'analyse vectorielle donne

$$\iint_\Sigma \overline{\vec{n} \wedge \vec{v}}\, d\sigma = \iiint_D \operatorname{rot} \vec{v}\, d\tau.$$

Par ailleurs, des équations de Stokes et de l'identité connue

(3) $$\Delta \vec{v} = \operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{v} - \operatorname{rot} \operatorname{rot} \vec{v},$$

on conclut bien aisément ([3]) que le champ vectoriel $\operatorname{rot} \vec{v}$ est *harmonique*; de ce fait sa valeur en M est égale à la moyenne dans la sphère :

$$\operatorname{rot} \vec{v}(M) = \frac{3}{4\pi R^3} \iiint_D \overline{\operatorname{rot} \vec{v}}\, d\tau = \frac{3}{4\pi R^3} \iint_\Sigma \vec{n} \wedge \vec{v}\, d\tau.$$

Or, $\vec{v}$ tendant uniformément vers zéro à l'infini, cette quantité tendra vers zéro

---

([2]) Ces équations nous intéressent plutôt pour notre part comme décrivant le phénomène de viscosité *pris à l'état pur*; en l'absence d'inertie elles sont valables, d'une manière générale lorsque les effets d'inertie sont négligeables devant les effets de viscosité : c'est ce qui a lieu pour les *phénomènes microscopiques* se déroulant au sein de fluides réels [Cf. notre communication : *Sur les rotations d'une particule solide de petites dimensions entraînée dans un écoulement* (*Congrès National de l'Aviation Française*, 1946, rapport n[os] 42-133)].

([3]) Par des dérivations, légitimes puisque les solutions du système de Stokes sont indéfiniment dérivables.

si l'on fait croître R indéfiniment (il en sera ainsi, plus généralement, sous la seule condition que $\vec{v}$ soit *borné*). Donc $\text{rot}\,\vec{v}=0$. Rapproché de (2) et (3), ce fait montre que le champ $\vec{v}$ est *harmonique*. Nous sommes ramenés ainsi à une propriété connue des fonctions harmoniques : Les composantes de $\vec{v}$, fonctions harmoniques dans tout l'espace et s'annulant uniformément à l'infini sont identiquement nulles ([4]). La constance de la pression résulte ensuite de l'équation (1).

Ce point acquis, soit $\vec{u}, p$ une solution du système de Stokes définie à l'extérieur d'une surface fermée S, le vecteur $\vec{u}$ tendant uniformément vers zéro à l'infini.

Nous introduisons une sphère Σ de très grand rayon, renfermant S. En tout point (x_k) du domaine compris entre S et Σ, des formules classiques ([5]) nous donnent

$$u_i(x_k)=\frac{1}{8\pi\mu}\iint_{S+\Sigma}\left[U_{ij}\left(\mu\frac{du_j}{dn}-pn_j\right)-u_j\left(\mu\frac{dU_{ij}}{dn}-P_in_j\right)\right]d\sigma_y;$$

$$p(x_k)=\frac{1}{8\pi\mu}\iint_{S+\Sigma}\left[\mu u_j\frac{dP_j}{dn}-P_j\left(\mu\frac{du_j}{dn}-pn_j\right)\right]d\sigma_y$$

où $\vec{n}$ représente sur S le vecteur unité normal intérieur, et sur Σ le vecteur unité normal extérieur, $U_{ij}(x_k, y_k)$, $P_j(x_k, y_k)$ sont les *solutions fondamentales de Lorentz*. De la structure de ces solutions il résulte que la contribution $u'_i(x_k)$ de la surface S dans l'expression de u_i tend uniformément vers zéro à l'infini. D'autre part les contributions $u''_i(x_k)$, $p''(x_k)$ de la sphère Σ constituent une solution du système de Stokes, évidemment indépendante du rayon de Σ, si grand soit-il, de sorte qu'elle se trouve définie *dans tout l'espace*. Or, comme $\vec{u}$ et $\vec{u}'$ dont il est la différence, le vecteur $\vec{u}''$ doit tendre uniformément vers zéro à l'infini, d'où sa nullité en vertu du lemme ; et p se réduit à une constante p_0.

Les fonctions u_i et p sont dès lors exprimées par des intégrales étendues à la surface S seule, ce qui conduit immédiatement au résultat annoncé. De même les dérivées $\partial u_i/\partial x_k$ sont de l'ordre de $1/R^2$ au moins.

Nous avons pu montrer d'ailleurs que ces résultats subsistaient sous une hypothèse un peu plus large que l'annulation uniforme de $\vec{u}$ à l'infini : ils sont assurés dès qu'on suppose que $\vec{u}$ tend vers zéro en *moyenne sphérique*, c'est à

([4]) Cf. H. VILLAT, *Mécanique des fluides*, Chap. II, où cette propriété forme le lemme d'une démonstration semblable à celle qui fait l'objet de la présente Note.

([5]) Cf. H. VILLAT, *Leçons sur les fluides visqueux*, Chap. IV. Nous passons des notations vectorielles aux notations tensorielles, qui impliquent, comme on sait, la sommation de tout terme monome par rapport à chaque indice qui s'y trouve répété deux fois.

dire que la moyenne

$$\frac{1}{4\pi R^2}\iint \vec{u}\, d\sigma$$

sur toute sphère de centre fixe, tend vers zéro lorsque le rayon R augmente indéfiniment.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Viscosimètre balistique.*
Note (1) de M. **Fernand Charron**, présentée par M. Henri Villat.

Soit un tube capillaire de longueur l_0 et de rayon r_0 qui débite du liquide de viscosité η sous une différence de pression $p - p_0$ proportionnelle à la force X appliquée à un petit piston de section S, mobile dans un corps de pompe au fond duquel est ajusté le tube. Le débit en volume est donné par la formule connue

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\pi r_0^4}{8\eta l_0}\frac{X}{S} \tag{1}$$

et le volume débité pendant le temps t est

$$v = \frac{\pi r_0^4}{8\eta l_0 S}\int X\, dt. \tag{2}$$

Soit, par ailleurs, un mouton pendule, écarté d'un angle θ_0 de sa position d'équilibre, venant frapper le piston et s'immobiliser dans la verticale sans rebondissement. I est le moment d'inertie, Mg le poids, L la longueur de ce pendule composé et λ le bras de levier de la force appliquée. La théorie du pendule balistique permet d'écrire

$$\int X\, dt = \frac{2\sin\frac{\theta_0}{2}\sqrt{MgLI}}{\lambda}. \tag{3}$$

Cette valeur de l'intégrale portée dans (2) donne

$$v = \frac{\pi r_0^4\sqrt{MgLI}\sin\frac{\theta_0}{2}}{4\eta\lambda l_0 S}. \tag{4}$$

Or $v = S\Delta\xi = \pi R_0^2\Delta\xi$, si l'on appelle $\Delta\xi$ le déplacement du piston de section $S = \pi R_0^2$. Remplaçant v par $\pi R_0^2\Delta\xi$ dans (4) et isolant η, il vient

$$\eta = \frac{r_0^4\sqrt{MgLI}\sin\frac{\theta_0}{2}}{4\pi R_0^4\lambda l_0\Delta\xi}. \tag{5}$$

Ainsi la détermination d'un coefficient de viscosité par cette méthode exige une mesure d'angle θ_0 et de longueur $\Delta\xi$, mais non de temps ou de vitesse.

(1) Séance du 19 mai 1947.

Conditionnement du choc. — Entre le mouton et la tête du piston, on peut intercaler des pastilles plus ou moins dures qui s'écrasent, ou mieux encore un dispositif à frottement que l'on rend plus ou moins dur et qui a pour effet d'étaler le choc sur une longueur plus ou moins grande. La force transmise et la durée du choc dépendent de ce réglage.

Influence des termes d'inertie. — Ces mouvements mettent en jeu des accélérations importantes. Cependant les termes d'inertie s'éliminent du résultat. Traitons le cas d'un choc relativement doux dans lequel la pression est assez modérée pour que le coefficient η ne soit pas sensiblement modifié. Le mouvement d'un volume annulaire de longueur dx, compris entre les rayons r et $r+dr$ est donné par l'équation

$$(6)\qquad -\frac{dp}{dx}=-\eta\left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r}\right)+\rho\frac{du}{dt},$$

ρ est la densité du liquide, u la vitesse de l'élément.

Dans le cas qui nous occupe, il faut se représenter la pression p prenant, à l'origine du tube, brusquement la valeur déterminée par le système à frottement, puis tombant aussitôt à la valeur H dès que le choc est terminé Le 1er membre de l'équation (6) n'est fonction que de x, le 2e membre est fonction de r et de t; ces deux membres sont constants et $-(dp/dx)=(p-\mathrm{H})/l_0$. Remplaçons dans l'équation (6) $-(dp/dx)$ par cette valeur et u par $\partial x/\partial t$, elle peut s'écrire

$$(7)\qquad \frac{p-\mathrm{H}}{l_0}+\eta\left(\frac{\partial^2}{\partial r^2}\frac{\partial x}{\partial t}+\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\frac{\partial x}{\partial t}\right)=\rho\frac{du}{dt}.$$

Multiplions tous les termes par dt et intégrons depuis l'époque O immédiatement antérieure au choc jusqu'à une époque où tout mouvement est éteint, le terme d'inertie disparaît.

Utilisation du viscosimètre balistique à plusieurs fins. — 1° Si l'on opère en choc adouci et prolongé, la pression du liquide ne subit qu'un accroissement modéré qui ne change pratiquement pas η. On se trouve en présence d'une méthode rapide de mesure de la viscosité des liquides, ne demandant aucune détermination de temps ni de vitesse, qui peut être particulièrement commode lorsqu'il s'agit de liquides très visqueux.

2° Si l'on utilise un choc brutal, le liquide est soumis à une forte pression, cependant décroissante d'une extrémité à l'autre du tube capillaire. Evidemment η n'est plus constant. Un calcul, non reproduit ici, permet d'étudier l'accroissement du coefficient de viscosité d'un liquide sous pression élevée maintenue pendant un temps très court. Il y a intérêt évident, relativement au graissage des machines supportant des chocs, à savoir si le lubrifiant acquiert presque instantanément l'accroissement de viscosité correspondant à la pression fugitive développée. Les viscosimètres habituels sont évidemment impuis-

sants à fournir ce renseignement. Nous avons élaboré à ce propos la méthode de mesure ci-dessus exposée. Une prochaine Note indiquera les premiers résultats obtenus.

ASTRONOMIE. — *Une nouvelle théorie de la formation des queues des comètes.* Note [1] de M. **Constantin Popovici.**

Dans une Note précédente nous avons montré quelles sont les objections qu'on peut opposer à la théorie de Brédékine. La queue cométaire étant composée de particules libres, celles-ci n'auront pas de trajectoires képlériennes. La forme de la queue à un instant t sera le lieu géométrique des particules qui la constituent à cet instant. Mais pour avoir ce lieu, il faut connaître les *conditions initiales*. Comment faire le choix le plus logique de ces conditions. Nous avons trois cas à distinguer.

I. Si la comète a son origine dans la masse solaire — et nous avons vu comment on peut le constater [2] — on prendra naturellement pour conditions initiales, celles du moment où la comète quittait la surface du Soleil. Il reste à examiner si ce moment n'est pas assez éloigné pour ne plus rendre négligeable l'attraction du noyau sur les particules de la queue.

II. Quel est l'endroit sur la trajectoire de la comète où l'on peut supposer que la queue commence à se former ? Évidemment celui où la queue est plus petite. Où donc ? Où l'action de la masse de la comète sur les particules se fait plus sensible, donc à *l'aphélie*, où la comète n'a presque pas de queue visible. Ce choix offre encore un avantage, parce qu'aux apsides on peut supposer l'arc de trajectoire comme képlérien, parce que la vitesse radiale étant nulle, la vitesse de la lumière n'y intervient pas. Examinons donc quel est le rapport de l'action du Soleil aux distances extrêmes. Soit η l'excentricité, ce rapport est $(1+\eta)^2 : (1-\eta)^2$. Il est pour $\eta = 0{,}3$; $0{,}4$; $0{,}5$; $0{,}6$; $0{,}7$; $0{,}8$; $0{,}9$ respectivement $3{,}6$; $5{,}7$; 9; 16; 33; 81; 371. On voit d'ici combien de fois grandit avec l'excentricité l'influence de l'attraction du noyau vers l'aphélie. On aura le même $D = a(1+\eta)$ et la même C constante des aires. Posons $R/A = \sigma$. On aura le faisceau des trajectoires des particules en fonction de σ par les équations

$$\frac{D(1-\eta)}{r} = 1 - \eta \cos\sqrt{1-\alpha^2}\,\theta, \qquad \eta = \eta_0 e^{-\alpha\theta}, \qquad \alpha = \frac{C}{2cD(1-\eta)(1-\sigma)}.$$

Le lieu géométrique des particules (définies par σ) sur ces trajectoires à un instant t nous donnera la queue de la comète à cet instant. Ce lieu sera obtenu à l'aide des anomalies en y remplaçant l'excentricité par $\eta_0 e^{-\alpha\theta}$ et le moyen mouvement par $2\pi(1-\eta_0)^{3/2} : T_0(1-\eta^2)^{3/2}$.

---

(1) Séance du 21 avril 1947.

(2) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1415.

Construction graphique de la queue des comètes. — Les trajectoires ayant, par les conditions initiales, mêmes aphélie, distance focale et constante des aires, et comme les α sont très petits, on aura un tracé approximatif de l'ensemble des trajectoires pour $0 < \theta < 2\pi$, en construisant un faisceau d'ellipses tangentes au même point A (aphélie) au cercle de rayon AS = D, ayant leur foyer en S. Balayons sur ces ellipses, avec leurs rayons vecteurs, des aires égales ASE_i à l'aide d'un *planimètre*. Le lieu des points E_i pour une aire donnée nous fournira la forme de la queue de la comète au moment correspondant à cette aire. Les particules périodiques de la comète finiront par s'éparpiller décrivant des cercles, gardant la constante des aires.

III. On peut prendre comme conditions initiales celles de l'observation, mais ces conditions diffèrent suivant les particules. Il suffit d'étudier la marche de deux particules ([3]). Il faut quatre observations pour chacune, ce qui donne pour chaque particule huit équations pour trouver les sept constantes dont six képlériennes et α. On en déduit la trajectoire de toute autre particule ([3]).

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Variation de la répartition de l'énergie dans le spectre de ζ Gemi. Discontinuité de Balmer de α U Min.* Note ([1]) de Mlle **Renée Canavaggia**.

Étude analogue à celle déjà faite pour δ Cephei ([2]). ζ Gemi (m_v de 3,7 à 4,1; type spectral de F3,5 à G3,5 selon F. Becker, de F8 à G5 selon Yü), a été étudiée par rapport à ρ Gemi (4,2 Fo). Les résultats donnés ici proviennent de la mesure de 9 clichés pris à l'Observatoire de Paris de décembre 1944 à février 1945. 60 spectres de ζ Gemi et 39 spectres de ρ Gemi, pris au cours de 26 nuits d'observation, ont été utilisés.

Les phases sont calculées par la formule de Hellerich

$$2.410.639,801 + 10^j,153527\,E - 0^j,575\,10^{-6}\,E^2 \ (^3).$$

Elles sont exprimées en fractions décimales de période.

On a apporté aux différences des logarithmes d'intensités ($\log I_\zeta/I_\rho$) une correction atmosphérique uniforme de $0{,}0060\,\lambda^{-4}\,dm$. La différence de masses d'air, dm, a une valeur moyenne de 0,05.

Variation du gradient dans le bleu (de 4800 à 4000 Å). — La variation du gradient de ζ Gemi entre 4800 et 3800 Å a été étudiée par W. Becker et

([3]) Si les deux particules ont un point de rencontre avec presque la même tangente à leurs trajectoires, il est à présumer qu'elles ont appartenu à la même comète. Les trajectoires des autres particules qui y ont appartenu doivent y avoir aussi presque la même tangente.

([1]) Séance du 19 mai 1947.

([2]) *Ibid.*, **218**, p. 581.

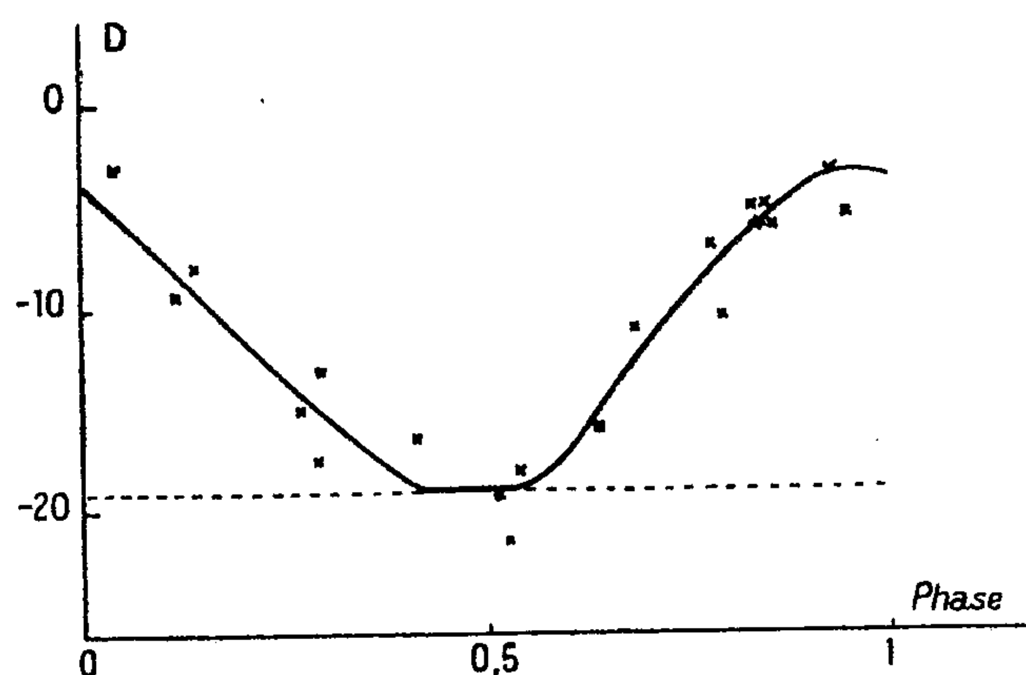
([3]) *A. N.*, **264**, p. 249.

W. Strohmeier à Potsdam ([4]) et par A. Günther à Bergedorf ([5]). Les premiers, avec δ Gemi comme étoile de comparaison, trouvent une courbe de variation à peu près symétrique, avec une amplitude de 0,71. Günther, avec 3 étoiles de comparaison, δ Gemi, 31 Gemi et ε Gemi, trouve une amplitude de 1,0 et une courbe de variation qui est à peu près symétrique aussi, mais avec un décalage par rapport à la courbe de lumière.

Je trouve une amplitude de variation de 0,9 (le gradient relatif variant de 1,25 à 2,15) et une courbe de variation très voisine de celle de Günther (minimum et maximum du gradient pour les phases 0,96 et 0,46). D'après cette courbe, à magnitude égale, les gradients sont plus grands sur la branche descendante (branche qui va du maximum au minimum de lumière) que sur la branche montante. La différence atteint 0,30.

La courbe de variation du type spectral est fortement dissymétrique d'après F. Becker ([6]) (type le moins avancé vers 0,85, type le plus avancé vers 0,48). L'effet est un peu moins prononcé dans la courbe de Yü ([7]). D'après les résultats de F. Becker, la phase de type moins avancé précède de un dixième de période la phase de gradient maximum. Le décalage de la courbe du gradient par rapport à la courbe de lumière diminue cet effet sans le faire disparaître.

Variation de la discontinuité. — Les discontinuités ont été ramenées au système de Barbier et Chalonge moyennant une légère correction ($D_{BC} = 0{,}919D - 0{,}007$).



La variation de la discontinuité de ζ Gemi par rapport à ρ Gemi est donnée par la figure. Amplitude de la variation = 0,15. La discontinuité de ρ Gemi, d'après les 4 spectres les plus favorables à la mesure, est de 0,19. Ainsi la discontinuité de ζ Gemi s'annule au minimum de lumière.

([4]) *Z. Astroph.*, **13**, 1937, p. 317.
([5]) *A. N.*, **269**, 1939, p. 135.
([6]) *Z. Astroph.*, **13**, 1937, p. 313.
([7]) *Astr. Soc. of the Pacific*, **38**, 1926, p. 357.

Dans son ensemble, la courbe des discontinuités présente par rapport à la courbe de lumière le même décalage que la courbe des gradients.

Discontinuité de Balmer de α U Min. — La Polaire (mv 2,12; cF8v) a été étudiée par rapport à γ Cygni (2,32; cF8) étoile de type très voisin, de mai à octobre 1945. On prenait chaque nuit 5 ou 6 spectres de la Polaire et autant de spectres de γ Cygni, de façon à avoir de nombreux contrôles. Les quatre meilleurs clichés, qui correspondent à 8 nuits d'observation, font apparaître une variation de la discontinuité de 0,03 (soit 0,02 après réduction au système Barbier-Chalonge), qui est bien dans le sens voulu, quand on calcule le maximum par la formule de Stebbins ([8]) 2431495,988 + 3,96961 E. Barbier et Chalonge avaient trouvé pour cette discontinuité une variation du même ordre ([9]).

La discontinuité de la Polaire est inférieure de 0,06 en moyenne à celle de γ Cygni.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur les variations d'intensité des bandes des molécules* CN *et* CH *entre le centre et le bord du disque solaire.* Note ([1]) de MM. **Jean-Claude Pecker** et **Roger Peyturaux**, présentée par M. Bernard Lyot.

Le spectre du Soleil se modifie progressivement lorsque l'on passe du centre au bord du disque. Les variations des raies métalliques ont fait l'objet de nombreux travaux, mais, à notre connaissance, les bandes moléculaires n'ont pas été étudiées à ce point de vue.

Nous avons entrepris cette étude en employant une méthode récemment décrite ([2]) qui consiste à déterminer la courbe de variation en fonction de λ du rapport $\log [I_\lambda(0)/I_\lambda(\theta)] = r_\lambda(\theta)$, où θ désigne l'angle que les rayons étudiés font avec la normale à la photosphère solaire.

Les intensités $I_\lambda(0)$ et $I_\lambda(\theta)$ sont mesurées sur les spectres de différents points échelonnés entre le centre et le bord du disque, en se bornant aux longueurs d'onde situées entre les fortes raies d'absorption.

Nous avons tracé les courbes de variation de $r_\lambda(\theta)$ avec λ pour diverses valeurs de θ.

La figure 1 représente une partie de la courbe relative à $\theta = 66°$. La ligne pointillée correspond au spectre continu de la photosphère; les raies de Balmer, dont les ailes sont plus développées au centre qu'au bord, donnent de profonds minima et les bandes de CN, plus importantes au point considéré qu'au centre

---

([8]) *Astroph. J.*, 103, 1946, p. 108.

([9]) *Ann. Astroph.*, 4, 1941, p. 30.

([1]) Séance du 12 mai 1947.

([2]) R. Canavaggia et D. Chalonge, *Annales d'Astrophysique*, 9, 1946, p. 143.

se traduisent au contraire par les maxima indiqués. Nous avons caractérisé

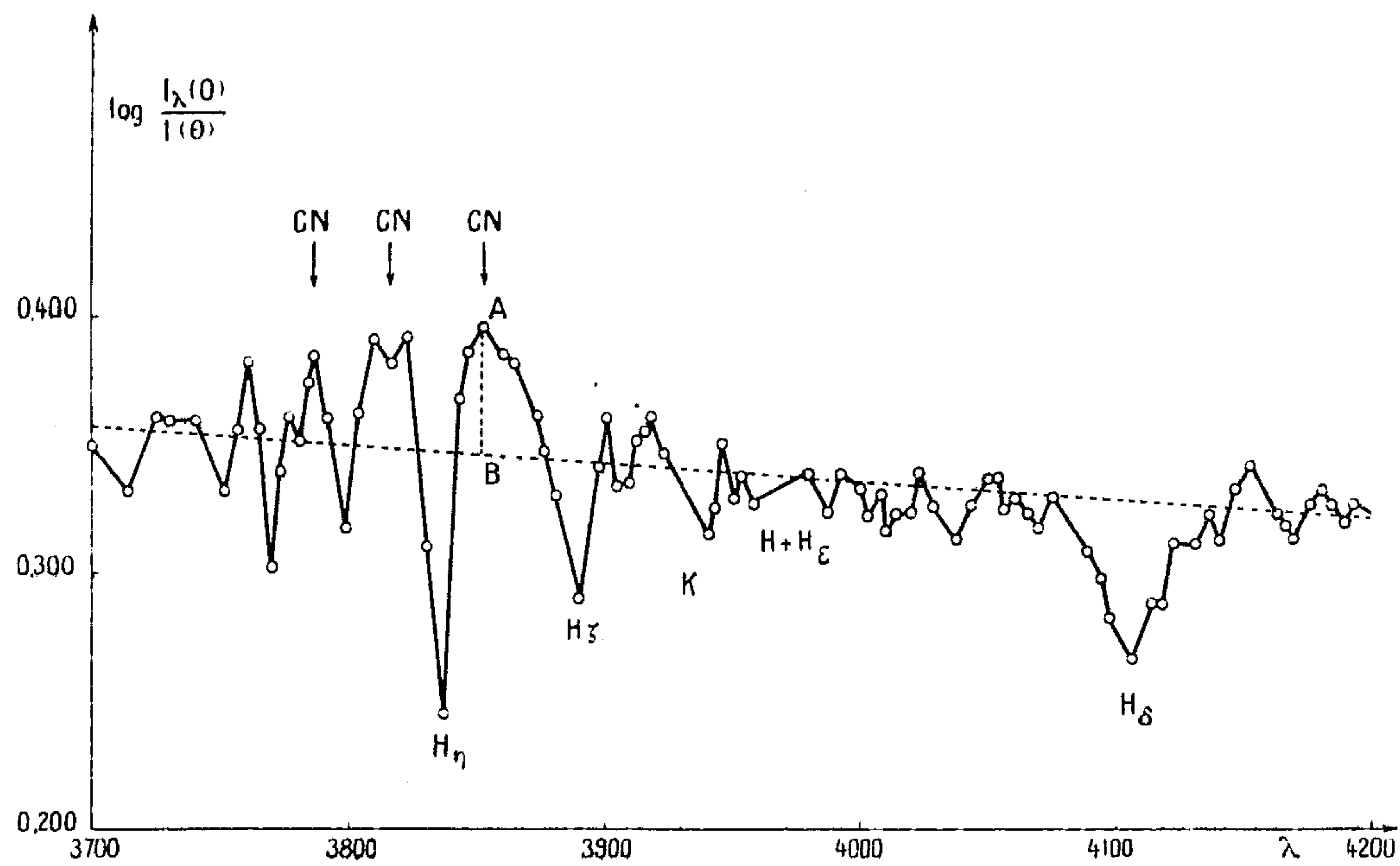


Fig. 1.

l'intensité relative de CN, au point considéré par l'ordonnée $AB = \delta r_\lambda(\theta)$.

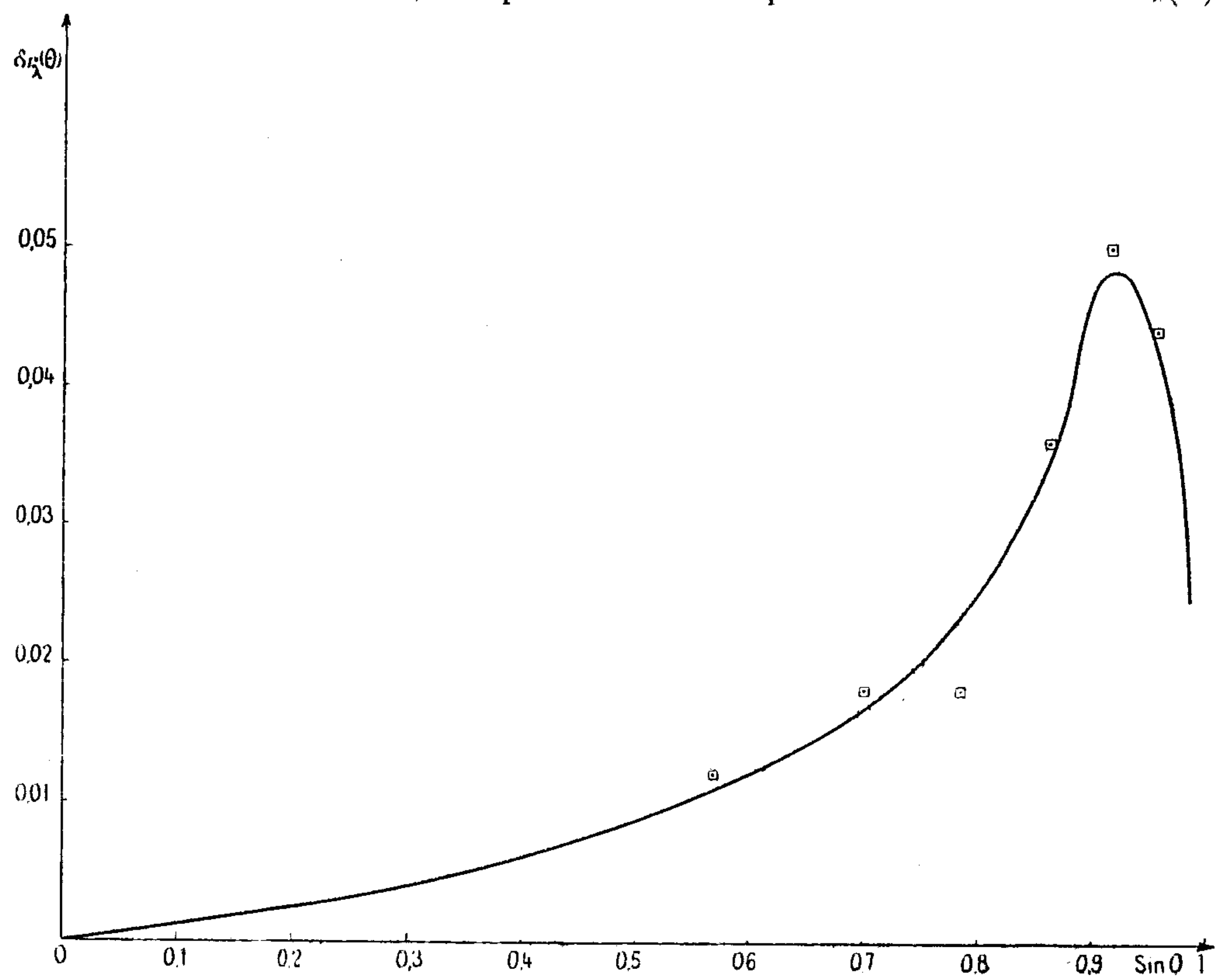


Fig. 2.

Cette quantité varie avec θ comme l'indique la courbe de la figure 2. On voit que les bandes considérées de CN passent par un maximum vers $\sin\theta = 0,91$.

La bande 4316 de CH a un comportement analogue, mais son maximum semble correspondre à une plus petite valeur de θ, que nous travaillons actuellement à préciser.

Ces observations montrent que les molécules considérées se trouvent à une certaine profondeur dans la photosphère, et l'étude quantitative des données obtenues va nous permettre de préciser les conditions physiques régnant dans cette région.

ASTROPHYSIQUE. — *Loi d'assombrissement d'une radiation monochromatique à la surface d'une étoile à l'intérieur de laquelle l'équilibre radiatif est réalisé.* Note (¹) de M. **Paul Proisy**, présentée par M. Bernard Lyot.

1. La loi d'assombrissement à la surface du disque solaire se laisse bien représenter par un polynome $I_{(\theta)} = \Sigma a_n \cos^n\theta$ de degré n relativement faible. Chalonge et Kourganoff (²) ont montré que le degré 2 suffisait pour représenter les résultats des mesures d'Abbot à moins de 0,3 % près de l'intensité au centre; les écarts qu'ils obtiennent ne sont cependant pas répartis au hasard; ils sont presque toujours positifs au centre, négatifs au bord, et s'annulent pour des valeurs de $\sin\theta$ voisines de 0,20, 0,75 et 0,92. Ils ne résultent donc pas exclusivement des erreurs de mesure, mais d'une insuffisance de la loi en $\cos^2\theta$.

J'ai cherché une expression théorique de la loi d'assombrissement à la surface d'une étoile en équilibre radiatif, à partir de l'expression générale de la variation de l'intensité $I_{(r,\theta)}$ d'une radiation à la surface de la couche de rayon r d'une atmosphère stellaire que j'ai donnée dans une Note précédente (³)

$$dI = \frac{\partial I}{\partial\theta}\,d\theta = -(\varepsilon_{(r,\theta)} - \varkappa_{(r,\theta)} I_{(r,\theta)})\,r\,\frac{d\theta}{\sin\theta} + \left[\varepsilon_{(r,0)} - \varkappa_{(r,0)} I_{(r,0)} + \int_0^\theta \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\partial I}{\partial\theta}\right)\partial\theta\right] r\,\frac{d\theta}{\operatorname{tg}\theta},$$

dans laquelle $\varepsilon_{(r,\theta)}$ et $\varkappa_{(r,\theta)}$ sont les coefficients d'émission et d'absorption en chaque point de la couche r, dans la direction qui fait l'angle θ avec la normale à la couche.

2. Les variations de $I_{(r,\theta)}$ peuvent être représentées par un développement en série de la forme $I_{(r,\theta)} = \Sigma A_n(\theta) r^n$, $A_n(\theta)$ étant fonction de θ seul pour une radiation déterminée. La loi d'assombrissement à la surface de l'étoile, son rayon étant pris égal à l'unité, est $I_{(1,\theta)} = \Sigma A_n(\theta)$. Elle sera d'autant mieux représentée que les variations de $I_{(r,\theta)}$ seront représentées dans une couche plus épaisse, avec une meilleure approximation, c'est-à-dire que le degré n sera plus élevé.

(¹) Séance du 19 mai 1947.

(²) *Annales d'Astrophysique*, 9, 1946, p. 69.

(³) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 334.

Dans l'équation générale rappelée ci-dessus, je représenterai ε et $\varkappa$ par leur développement en fonction de r et de $\cos\theta$

$$\varepsilon = \Sigma\varepsilon_n r^n \quad \text{et} \quad \varkappa = \Sigma\varkappa_n r^n \quad \text{avec} \quad \varepsilon_n = \Sigma\varepsilon_{ni}\cos^i\theta \quad \text{et} \quad \varkappa_n = \Sigma\varkappa_{ni}\cos^i\theta.$$

Le coefficient $A_{n(\theta)}$ est alors déterminé par l'équation différentielle

$$\frac{dA_n}{d\theta} - n\frac{A_n}{\operatorname{tg}\theta} = \frac{-1}{\sin\theta}\left[\Sigma\varepsilon_{n-1,i}\cos^i\theta - \sum_{j=0}^{j=n-1}(\Sigma\varkappa_{n-1-j,i}\cos^i\theta)A_j(\theta)\right]$$
$$+\frac{1}{\operatorname{tg}\theta}\left[\Sigma\varepsilon_{n-1,i} - \sum_{j=0}^{j=n-1}(\Sigma\varkappa_{n-1-j,i})A_{j(0)} - nA_{n(0)}\right].$$

L'intégration se fait de proche en proche, à partir de A_0 qui est constant, quel que soit i.

En première approximation, j'ai supposé ε et $\varkappa$ du 1[er] degré en $\cos\theta$

$$\varepsilon = \Sigma(\varepsilon_{n0} + \varepsilon_{n1}\cos\theta)r^n \quad \text{et} \quad \varkappa = \Sigma(\varkappa_{n0} + \varkappa_{n1}\cos\theta)r^n.$$

La loi d'assombrissement donnée par les trois premiers termes du développement en fonction de r $(n = 0, 1, 2)$ est

$$I_{(1,\theta)} = \alpha + \beta\cos\theta - k'\cos^2\theta + k(1 - \varkappa_{01})\sin\theta - k\varkappa_{00}\sin\theta\cos\theta - (a_1 + a_0\varkappa_{01})\sin^2\theta \operatorname{Ltg}\frac{\theta}{2}$$

avec

$$a_0 = \varepsilon_{00} - \varkappa_{00}A_0, \qquad a_1 = \frac{1}{2}[\varepsilon_{10} - A_0\varkappa_{10} - A_{1(0)}\varkappa_{00} + a_0(\varkappa_{00} - \varkappa_{01})],$$
$$\alpha = A_0 + A_{1(0)} + A_{2(0)} - (a_0 + a_1) + k', \qquad \beta = a_0 + a_1 \qquad (k \text{ et } k' = \text{const.}).$$

Les quatre premiers termes $(n = 0, 1, 2$ et $3)$ donnent

$$I_{(1,\theta)} = \alpha + \beta\cos\theta + \gamma\cos^2\theta + \delta\cos^3\theta + K\sin\theta + K'\sin\theta\cos\theta - k''\sin\theta\cos^2\theta$$
$$- \sin^2\theta \operatorname{L}\operatorname{tg}\frac{\theta}{2}\left[(a_1 + a_0\varkappa_{01})(1 - \varkappa_{01} + \varkappa_{00}\cos\theta) - \frac{1}{2}k\varkappa_{10}\sin\theta\right].$$

Si ε et $\varkappa$ sont de degré supérieur à 1 par rapport à $\cos\theta$ $(i > 1)$, des termes en θ et $\operatorname{L}\sin\theta$ viennent s'ajouter à ces expressions.

3. La formule obtenue en supposant $i = 1$ et $n = 2$ diffère du polynome du 2[e] degré en $\cos\theta$ par l'adjonction des trois termes en $\sin\theta$, $\sin\theta\cos\theta$ et $\sin^2\theta\operatorname{Ltg}(\theta/2)$. Ce dernier terme seul a un coefficient entièrement déterminé par les expressions de ε et $\varkappa$. On peut considérer le cas où il existe seul $(k = 0)$: il suffit pour expliquer la répartition des résidus laissés par le polynome du 2[e] degré en $\cos\theta$. Si, en effet, $(a_1 + a_0\varkappa_{01})$ est négatif, la courbe représentative de la formule obtenue se déduit de la parabole $\alpha + \beta\cos\theta - k'\cos^2\theta$ en retranchant de l'ordonnée de chaque point une quantité nulle pour $\theta = 0$ et $\pi/2$, et qui passe par un maximum au voisinage de $\sin\theta = 0{,}75$. On comprend qu'en représentant cette courbe par un arc de parabole, on obtienne des écarts positifs au centre, négatifs au bord, et qui changent de signe trois fois dans l'intervalle 0, $\pi/2$.

Si l'on ne suppose pas $k = 0$, on remarquera que le terme $-k\chi_{00}\sin\theta\cos\theta$ présente des variations semblables à celles de $-(a_1 + a_0\chi_{01})\sin^2\theta\,\mathrm{Ltg}(\theta/2)$, ($k\chi_{00}$ étant > 0); il peut donc lui aussi rendre compte des écarts observés. Comme on ne peut, à priori, supposer $a_1 + a_0\chi_{01} = 0$, les deux termes en $\sin\theta\cos\theta$ et $\sin^2\theta\,\mathrm{Ltg}(\theta/2)$ existeront simultanément, et l'on peut prévoir qu'avec la précision actuelle des mesures, leur coefficient sera mal déterminé.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la formation des éléments lourds.* Note (¹) de M. **Pierre Lacroute**, présentée par M. Bernard Lyot.

L'étude des conditions physiques dans lesquelles a pu se produire le mélange de noyaux atomiques qu'on observe dans l'Univers a été abordée jusqu'ici en admettant qu'il s'était établi un équilibre à haute température et haute densité entre les constituants et que cet équilibre s'était stabilisé.

Les recherches inaugurées par Weizsäcker (²), puis par Chandraseckhar et Henrich (³), reprises par Lattes et Wataghin (⁴), Wataghin (⁵), Klein, Beskow et Treffenberg (⁶), montrent qu'en adoptant une température de l'ordre de $\log T = 10$ et une densité de l'ordre de $\log\rho = 8$, les proportions des différentes sortes d'atomes sont à peu près celles qu'on observe jusqu'au nombre de masse $A = 50$. Cependant les proportions calculées avec ces hypothèses pour les éléments lourds sont beaucoup trop faibles, dans des rapports qui s'élèvent progressivement jusqu'à 10^{20} pour les éléments les plus lourds.

D'autre part Van Albada (⁷) souligne que les proportions d'isotopes qu'on calcule ainsi, et qui peuvent être contrôlées avec précision par l'observation, présentent des anomalies très grandes; il signale en outre qu'on comprend mal comment un équilibre réalisé à haute densité et à haute température a pu être stabilisé assez vite pour ne pas évoluer lorsque la température et la densité ont diminué.

Van Albada considère de la matière à très haute densité et à température négligeable; c'est-à-dire dans des conditions telles que les énergies cinétiques d'agitation thermique y sont négligeables devant les énergies imposées par le principe d'exclusion. Cette matière est dans un état analogue à celui qui existe dans les naines blanches. Van Albada calcule pour chaque type de noyaux l'énergie qui serait associée à ce type de noyau s'il existait seul sous la densité ρ; pour cela, il ajoute l'énergie de liaison des particules lourdes indiquée

(¹) Séance du 19 mai 1947.
(²) *Phys. Zeits.*, 39, 1938, p. 633.
(³) *Astroph. J.*, 95, 1942, p. 288.
(⁴) *Phys. Rev.*, 69, 1946, p. 237.
(⁵) *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 430.
(⁶) *Arkiv. f. Mat. Astr. och Phys.*, 33 B, 1946, p. 1.
(⁷) *Bull. of Ast., I. Nederlands*, 10, 1946, p. 161.

par $f(A, Z)$, *Packing fraction* du noyau $[f(A, Z) = M/A - 1]$, et l'énergie de dégénérescence et électrostatique des électrons correspondants.

Pour chaque valeur ρ il y a un type de noyau, A_m, Z_m, qui donne l'énergie la plus faible. Van Albada admet que, la température étant négligeable, c'est ce noyau qui existera seul. Lorsque ρ croît, A_m croît à partir de 52 environ. Vers $A = 60$, pour $\log \rho = 9$, la valeur Z_m devient inférieure à la valeur Z_A qui donne dans les conditions actuelles à faibles densités l'isobare de nombre A le plus stable.

Ces conditions physiques permettent de comprendre la formation des éléments lourds jusqu'à environ $A = 150$ avec Z_m de l'ordre de 40 pour $\log \rho = 11,6$. Mais pour des densités plus élevées, la formation de neutrons en mélange permet une énergie moins élevée. On aurait un mélange de neutrons et de noyaux lourds, à teneur en neutrons croissante, un seul type de noyau lourd existant dans le mélange, le même que celui qui existait au début de la formation des neutrons. A moins que nos progrès dans la connaissance des noyaux nous obligent à réviser les calculs, ce qui sera du reste possible; la formation des noyaux les plus lourds n'est pas expliquée.

Van Albada n'a pas tenu compte de la dégénérescence des neutrons. Or la masse relativiste minimum des neutrons qui peuvent s'ajouter au mélange lorsque ρ croît, augmente de façon notable lorsque la densité en neutrons augmente. Ainsi il suffit vers $\rho = 10^{12}$ de proportions de l'ordre de 2 neutrons par noyau lourd pour que l'augmentation de masse relativiste ait un effet appréciable. Lorsqu'on tient compte de ce fait, le type de noyau le plus stable en présence d'une teneur en neutrons croissante, se déplace vers les A croissants, et on peut sans difficulté expliquer la formation des éléments les plus lourds.

Évolution du mélange. — Chaque élément de matière dense, où existait un seul type de noyau avec éventuellement quelques neutrons, a évolué lorsque la densité a diminué.

La teneur en neutrons étant faible, ils ont été vraisemblablement absorbés sans modification importante de la valeur de A.

Les valeurs de Z étant très inférieures aux valeurs Z_A des éléments stables dans les conditions actuelles, il y a eu des radioactivités β d'autant plus rapides que $Z_A - Z$ était plus grand et l'énergie ainsi dégagée plus élevée.

Les valeurs de Z^2/A étant plus faibles nettement que dans les éléments stables actuellement, il y a eu peu ou pas de fissions, sauf pour les éléments les plus lourds, $A > 235$, à la fin de leurs radioactivités β.

Donc la matière a évolué, en gros, à A constant.

Il en résulte que la teneur en noyaux de différentes valeurs de A dans l'Univers est proportionnelle à la masse qui, dans l'état primitif très dense, était agglomérée dans des régions où la densité rendait ces valeurs de A les plus stables. C'est la loi de densité au sein de la configuration dense qui a déterminé la loi de fréquence en fonction de A.

En admettant ces conditions de formation, il est aisé de comprendre pourquoi la teneur en éléments très lourds n'est pas beaucoup plus faible que la teneur en éléments moyens.

En effet la configuration dense où ces éléments se sont formés avait une structure de naine blanche, car l'équation d'état de la matière très dense est celle d'un gaz dégénéré. Or dans une telle configuration la masse agglomérée à différentes densités, depuis les densités les plus fortes jusqu'à la limite de dégénérescence, ne varie pas très vite en fonction de la densité. Ceci explique pourquoi les proportions des éléments lourds et des éléments moyens ne sont pas aussi différentes que le prévoient les théories où la température joue un rôle important.

Certaines constatations, qui plaident en faveur de ces hypothèses sur les conditions de formation des éléments lourds, seront données dans une prochaine Note.

ASTROPHYSIQUE. — *Influences géographiques et saisonnières sur les éclipses de Lune.* Note de MM. **František Link** et **Jiřa Bouška**, présentée par M. Bernard Lyot.

Les éclipses de Lune sont devenues un moyen important pour l'exploration de la haute atmosphère. Dans les différentes recherches, on compare les densités observées de l'ombre avec celles que donne la théorie. Celle-ci doit être basée sur la structure connue de l'atmosphère. L'un de nous ayant élaboré une telle théorie ([1]) valable pour les latitudes moyennes et la moyenne de l'année, il nous a paru intéressant d'évaluer l'influence de la saison et de la latitude. Il est connu que la structure de l'atmosphère dépend de la latitude et qu'elle varie avec la saison. La conséquence immédiate du premier phénomène est que l'ombre terrestre projetée sur la Lune ne possède pas de symétrie de révolution autour de son axe; autrement dit, la densité de l'ombre D sera non seulement une fonction de la distance au centre γ mais aussi de l'angle de position P ou, ce qui revient au même, pour une déclinaison donnée du Soleil, de la latitude.

Pour pouvoir calculer la fonction $D = f(\gamma, P)$, il faut connaître la structure de l'atmosphère sous différentes latitudes et en différentes saisons. Nous nous sommes servis des résultats de Ramanathan ([2]) qui donne, pour l'hémisphère boréal, les températures en fonction de l'altitude et de la latitude séparément pour l'hiver et pour l'été. A partir de ces indications, nous avons calculé, sur la base de la théorie citée plus haut, les densités de l'ombre en hiver et en été pour les angles de position compris entre 0° et 80°, en prenant la déclinaison du

([1]) F. Link, *Bull. Astr.*, **8**, 1933, pp. 77-108.
([2]) *Nature*, **123**, n° 3109, 1929, p. 834.

Soleil égale à ± 16°. Pour la parallaxe lunaire, nous avons adopté la valeur de 58°,9 et, pour le coefficient d'absorption de l'air, la valeur décadique 0,04/8^{km}. Ce choix correspond à l'éclipse du 7 novembre 1938 dont l'analyse photométrique a été effectuée par l'un de nous en collaboration de M. Guth ([3]).

Dans le tableau suivant sont données les différences entre les densités calculées pour la distance γ et l'angle de position P en hiver et en été et les densités moyennes D_0 valables pour la latitude 40-50° et la moyenne de l'année telles qu'elles résultent de la théorie citée ([1]).

Distances au centre.		Angles de position. 0°.	20°.	40°.	60°.	80°.	D_0.
20′	H.......	−0,06	−0,06	−0,04	−0,01	+0,06	3,59
	E.......	+0,02	+0,04	+0,06	+0,.9	+0,12	
25′	H.......	+0,02	+0,01	+0,02	+0,03	+0,06	3,36
	E.......	+0,06	+0,07	+0,07	+0,08	+0,05	
30′	H.......	+0,07	+0,06	+0,05	+0,04	+0,03	3,13
	E.......	+0,09	+0,10	+0,08	+0,04	+0,04	
35′	H.......	+0,01	−0,01	+0,01	−0,05	−0,09	2,99
	E.......	−0,02	+0,01	−0,05	−0,08	−0,10	

On voit, d'après l'examen de ce tableau, que les différences sont assez petites, étant dans la plupart des cas de l'ordre de grandeur des erreurs de mesures. Toutefois les différences montrent une tendance à décroître vers le bord de l'ombre. D'autre part, dans les parties internes les densités croissent du pôle vers l'équateur, tandis que dans les parties externes l'allure devient inverse.

Ces variations sont petites par rapport à celles causées par le niveau variable des nuages. Le niveau moyen de Ci. Str. en hiver est, au pôle, de l'ordre de 6^{km}, tandis qu'à l'équateur ces nuages montent à 12^{km},5. Supposant le rideau opaque jusquà cette altitude, on trouve une augmentation de la densité de 0,07 au pôle et de 1,05 vers l'équateur. Les régions équatoriales de l'ombre ($P = 90°$) ont donc la plus grande chance d'être influencées par les nuages élevés.

Le rôle de l'ozone est également négligé dans notre tableau puisque la répartition de l'ozone en altitude sous différentes latitudes est encore mal connue. D'après les maigres renseignements de ce genre, l'ombre doit être plus dense aux pôles qu'à l'équateur et plus sombre dans ses parties boréales en février-avril qu'en septembre-novembre. La variation annuelle doit être inverse dans les parties australes. La discussion d'une série de 8 dernières éclipses entre 1921 et 1943 dont les mesures ont été effectuées d'une façon assez homogène à l'aide de photomètres à double image (Danjon, Rougier,

([3]) F. Link et V. Guth, *Zeits. f. Astroph.*, 20, 1940, p. 1.

Dubois), confirme ces conclusions ([4]). Les variations trouvées sont de l'ordre de 0,5 en densité, c'est-à-dire environ 5 fois plus grandes que les variations dues aux changements saisonniers et locaux de l'atmosphère idéale.

PHYSIQUE. — *Influence des variations de la température et de la pression atmosphériques sur la ventilation des vases.* Note de M. ALBERT TIAN, présentée par M. Jean Cabannes.

Tout récipient qui n'est pas hermétiquement clos, comme le sont la plupart des vases utilisés dans les laboratoires, et qui n'est qu'en partie rempli, possède une atmosphère intérieure soumise aux variations de la température et de la pression atmosphériques. Il en résulte des échanges gazeux avec l'extérieur : on peut dire, en employant une expression qui fait image, que le vase *respire*. Cette respiration très irrégulière comme les causes qui la créent, détermine dans le vase des phénomènes souvent fâcheux, évaporation, hydratation, oxydation, carbonatation, et permet l'introduction de poussières et de germes. Comme il n'est pas facile ni commode de fermer les vases d'une manière parfaite, la ventilation qu'ils subissent a, en pratique, une grande importance. Aussi ai-je jugé utile d'étudier systématiquement ce phénomène, d'évaluer son importance et voir dans quelle mesure agissent sur lui les diverses causes qui le déterminent. Mes expériences ont dû être multipliées et s'étendre sur plusieurs années pour permettre d'établir des conclusions générales. Elles seront décrites en détail dans un autre Recueil ([1]).

En principe on évaluait la perte d'oxyde d'éthyle contenu, en petite quantité, dans des ampoules soumises à des conditions variées d'où, après déduction de l'éther diffusé, on pouvait calculer le volume d'air expulsé sous l'action de diverses causes agissant isolément. Pour évaluer la ventilation due aux différentes perturbations de la pression atmosphérique (caractérisées chacune par une fréquence particulière), on filtrait ces ondes à travers des étranglements plus ou moins prononcés, intercalés entre les ampoules et l'air libre.

Les résultats de ces recherches ont été les suivants :

I. L'effet des fluctuations thermiques est généralement faible : il ne représente qu'environ le dixième de l'effet total. Toutefois si le vase renferme un liquide volatil dont la pression de vapeur saturante varie beaucoup avec la température, l'effet des variations de celle-ci est amplifié : par exemple à 26° il est décuplé dans le cas de l'éther.

II. Ce sont surtout les variations de la pression atmosphérique qui déterminent la ventilation des vases. On a pu faire à cet égard les constatations suivantes :

([4]) F. LINK, *Ann. d'Astroph.*, 9, 1946, p. 227.

([1]) Un mémoire sur ce sujet paraîtra dans les *Annales de la Faculté des Sciences de Marseille.*

a. Les fluctuations de la pression visibles sur les baromètres habituels n'ont pratiquement aucune action.

b. Dans les conditions ordinaires de bouchage des flacons, les oscillations incessantes de fréquence élevée et de faible amplitude qui constituent une sorte de halètement de l'atmosphère ([2]) n'ont pas d'effet sensible.

c. Les variations de pression les plus efficaces sont dues au vent. La fréquence de celui-ci agit peu s'il reste faible; par contre son intensité exerce une action prépondérante. La fermeture des fenêtres qui pourrait paraître protéger efficacement les laboratoires contre l'action du vent, n'a pas d'action appréciable. Ce fait assez inattendu a été établi avec certitude.

III. Pour caractériser l'importance de la ventilation spontanée d'un vase, on précisera que, par an, on peut constater un échange gazeux représentant plus de 30 fois la capacité du vase. Cette donnée est valable pour une région soumise à des vents violents et assez fréquents, telle que la Provence.

CHALEUR. — *Les mouvements de la chaleur dans la matière amplifient-ils les perturbations?* Note ([1]) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Un flux de chaleur q, engendré par effet Joule, étant entretenu dans un mur métallique de conductivité thermique λ, on observe, entre deux plans parallèles aux faces et distants de L, une différence de température entretenue $\Delta = qL:\lambda$. Nous avons observé, dans nos expériences très précises de 1926, que si le flux q n'était pas *parfaitement* constant, la différence de température Δ subissait des *perturbations* paraissant *bien plus* importantes (même lorsque ces mesures, pratiquement très difficiles, étaient rendues bien correctes) et dont nous n'avions jamais trouvé avec certitude une explication satisfaisante.

Notons que, les températures étant mesurées thermoélectriquement, la constance de q et de Δ était contrôlée par *le même* galvanomètre très sensible, qu'on n'enregistrait pas q et Δ, mais qu'on observait seulement au cours du temps, comme plus visibles, les valeurs *maxima* de leurs perturbations, généralement *brèves*. Nous allons montrer que la grandeur relative inattendue de $\delta\Delta$ s'explique, *en partie*, par la loi des *brefs* mouvements de la chaleur et l'*inertie* du galvanomètre. Nous assimilerons les perturbations de flux à un flux supplémentaire δq durant le temps court τ.

D'après une formule classique, $c\rho$ étant la chaleur spécifique par unité de volume du métal, la quantité de chaleur $\tau\delta q$ tombant sur la face d'entrée du mur

([2]) H. Abraham, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1402; E. Hochard, *Bull. Union des Physiciens*, **286**, 1935, p. 129; A. Tian, *Bull. Union des Physiciens*, **290**, 1936, p. 269.

([1]) Séance du 21 avril 1947.

produit dans le mur la distribution de température

$$V = \frac{\tau \delta q}{\sqrt{\pi \lambda c \rho t}} e^{-\frac{x^2 c \rho}{4 \lambda t}} \tag{1}$$

que nous dirons perturbation *thermocinétique*. Nous considérons la perturbation produite à la distance x, dans le plan où l'on mesure la première des deux températures dont Δ est la différence. Cette perturbation présente, dans le temps, un *maximum* δT_m qui vaut $\sqrt{(2/e\pi)}(\tau\delta q/c\rho x)$. La perturbation thermocinétique étant *étouffée* avant d'avoir pu atteindre la deuxième prise de température, δT_m est donc la perturbation observée sur Δ, et, par suite, la perturbation relative de Δ, que l'on croirait *a priori*, identique à la pertubation relative de q parce que, instinctivement, on interprète en régime *permanent* une perturbation *transitoire* dont les lois sont toutes différentes, est donnée par

$$\frac{\delta \Delta}{\Delta} = \frac{\delta q}{q} \sqrt{\frac{2}{e\pi}} \frac{\lambda \tau}{c \rho L x}. \tag{2}$$

Le galvanomètre sera, pour simplifier, supposé à l'*apériodicité critique* et caractérisé par sa constante de temps T.

On peut étudier, en fonction du temps, la loi de l'élongation θ du cadre du galvanomètre recevant une perturbation thermoélectrique proportionnelle à la quantité V donnée par la loi (1). Pour que la discussion soit un peu moins pénible, nous pouvons assimiler pratiquement la loi (1) à une loi du type $m/\sqrt{\xi + t}$, ξ représentant le temps, généralement très petit, au bout duquel la perturbation (1) admet son maximum. En exprimant l'élongation θ par la *fonction des erreurs*, on trouve que la valeur maximum de θ est *voisine* de celle qui serait observée *en l'absence d'inertie* : cela tient à la décroissance très lente de la perturbation en fonction du temps.

Or, la perturbation dans le flux de chaleur, contrôlée électriquement, ne durant que le temps τ très court, la théorie élémentaire du galvanomètre montre que l'observation de l'élongation maximum ne fournit que *la petite fraction* $\tau : eT$ de la perturbation relative $\delta q : q$.

Il résulte de ces considérations que, du fait de la prise en considération des seuls *maximum* des perturbations, du fait aussi de l'*étalement* dans le temps des perturbations thermocinétiques, et du fait enfin du *mode de progression* dans l'espace d'une telle perturbation, l'*inertie* du galvanomètre indique une perturbation thermocinétique relative *plus grande*, en apparence, que la perturbation relative du flux de chaleur incident, dans le rapport $\sqrt{2e/\pi}\, \lambda T/c\rho L x$, généralement notablement *supérieur* à 1.

Dans nos dites expériences, qui ont porté sur un disque de bronze de 6^{cm} de diamètre, de 2^{cm} d'épaisseur, les plans entre lesquels on mesurait la différence de température Δ étant à $0^{cm},5$ des faces, la conductivité λ valait, dans le système fondé sur la calorie, 0,14, la chaleur spécifique par unité de volume $c\rho$,

environ 0,8, L, 1^{cm}, x, $0^{cm},5$, et T, environ 10 sec. On devait donc s'attendre à une *amplification* de 5.

En réalité, notre montage était non pas un montage de *mur*, mais ce que nous avons appelé *double mur*, un chauffoir extrêmement mince déversant sa chaleur de Joule dans les deux disques qui l'enserraient. Nous montrerons ailleurs qu'il devait en résulter un accroissement du coefficient d'amplification précédent. Mais nous restons *bien loin* du coefficient *expérimental*, qui semblait atteindre plusieurs dizaines.

L'explication par les lois de la thermocinétique et l'inertie du galvanomètre de mesure est donc *insuffisante;* aussi avons-nous considéré qu'il pouvait y avoir *instabilité géométrique* du dispositif, les épaisseurs d'*air* interposées entre les surfaces métalliques pouvant être troublées par dilatation locale quand le flux de chaleur devenait un peu changeant : on aurait facilement ainsi l'efficacité nécessaire. Et en effet, la *qualité* des mesures augmentait beaucoup quand des précautions extrêmement sévères étaient prises pour réduire les variations accidentelles du chauffage par effet Joule, qui a pu être amené à être constant au dix-millième près.

MAGNÉTISME. — *Propriétés d'un ferromagnétique cubique en grains fins.* Note de M. **Louis Néel**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans les corps magnétiquement doux à l'état massif, comme le fer, les variations d'aimantation procèdent, dans le domaine du cycle d'hystérésis, par déplacement des parois de séparation entre les domaines élémentaires, mais, si le fer est réduit en grains fins de dimensions inférieures à l'épaisseur de paroi, qui est d'environ 500Å, ce mécanisme ne peut plus jouer car les parois n'ont plus la place de se créer et les variations d'aimantation ne proviennent plus que des rotations simultanées de l'ensemble des spins qui sont bien plus difficiles. Ces considérations ont guidé L. Weil, J. Aubry et l'auteur dans la préparation en 1942 de poudres de fer à grand champ coercitif ([1]). De brefs exposés sur la théorie de ces phénomènes ont déjà été faits ([2]). Il paraît opportun d'y revenir d'une manière plus précice,.

Il faut d'abord déterminer la dimension critique au-dessous de laquelle l'aimantation d'un grain reste toujours uniforme.

C. Kittel ([3]), après avoir comparé l'énergie d'un cube de côté L, à aimantation

---

([1]) L. Néel, *Le magnétisme en France, entre* 1939 *et* 1945 [*Rapport Congrès Assoc. Fr. Avancement des Sci.*, Paris, Oct. 1945 (sous presse)]; *Action des champs démagnétisants internes sur les propriétés des corps ferromagnétiques* (*Conf. Soc. Fr. de Phys.*, Paris, 6 et 8 mars 1946); *Applications nouvelles de recherches théoriques aux aimants permanents* (*Congrès Élec. Grenoble*, Juill. 1946, *Ann. Univ. Grenoble*, **22**, 1946, p. 71).

([2]) Brev. Fr., dép. Chambéry, n° pv., **323**, 7 avril 1942.

([3]) *Phys. Rev.*, **70**, 1946, p. 965.

spontanée uniforme $\mathcal{J}$, et celle du même cube décomposé en quatre domaines élémentaires égaux séparés par des parois à 90° infiniment minces, d'énergie superficielle γ, de manière à obtenir une structure sans pôles libres, montre qu'au-dessous de la valeur critique $L_0 = (3\sqrt{2}\gamma/\pi\mathcal{J}^2)$, la distribution à aimantation uniforme est la plus stable. Avec ([4]) $\gamma = 2$ ergs/cm² et $\mathcal{J} = 1700$, on obtient $L_0 = 100$ Å. Ce résultat est sujet à caution puisque l'épaisseur de paroi, loin d'être négligeable devant les dimensions du grain, est cinq fois plus grande que celui-ci. En réalité, la notion de paroi n'a plus ici de sens ni d'intérêt, et il vaut mieux aborder la question autrement.

Soit un grain sphérique, de rayon R et de volume V, sous deux états d'aimantation. Dans un premier état, l'aimantation est uniforme et l'énergie W_1 se réduit simplement au terme magnétique $(2/3)\pi\mathcal{J}^2 V$, en négligeant l'énergie magnétocristalline dont l'ordre de grandeur est plus petit. Dans un deuxième état, le plus simple qui soit dépourvu de pôles libres, les lignes d'aimantation sont circulaires et perpendiculaires aux plans passant par un diamètre Δ de la sphère; l'énergie W_2 se réduit au terme de Weiss-Heisenberg et se calcule d'après la formule connue ([5])

$$w = \frac{Na^2}{12}[(\nabla\mathcal{J}_x)^2 + (\nabla\mathcal{J}_y)^2 + (\nabla\mathcal{J}_z)^2],$$

où N est le coefficient du champ moléculaire, a la distance entre voisins magnétiquement actifs [2,86 Å pour le fer ([6])] et $\mathcal{J}_x$, $\mathcal{J}_y$, $\mathcal{J}_z$ les composantes cartésiennes de l'aimantation spontanée. La densité d'énergie à une distance ρ de l'axe Δ est alors égale à $(N\mathcal{J}^2 a^2/12\rho^2)$ et en intégrant dans le volume de la sphère, on trouve

$$W_2 = \frac{N\mathcal{J}^2 a^2 V}{4R^2}\left(\log_e \frac{2R}{a} - 0,307\right).$$

Le terme $\log_e(2R/a)$ provient de ce qu'il faut limiter l'intégrale à la distance $a/2$ de l'axe. Avec $N = 5890$ ([4]), on trouve que W_1 et W_2 sont égaux pour $2R = 320$ Å. Au-dessous de ce diamètre critique, l'aimantation d'une sphère de fer est donc uniforme.

Au-dessous du diamètre critique, les variations d'aimantation ne proviennent que des rotations simultanées de l'ensemble des spins. Si l'on tient compte maintenant de l'énergie magnétocristalline d'un corps cubique

$$W_c = K(\alpha^2\beta^2 + \beta^2\gamma^2 + \gamma^2\alpha^2),$$

où α, β, γ sont les cosinus directeurs de l'aimantation spontanée par rapport aux axes quaternaires, l'hystérésis apparaît selon le mécanisme étudié par

([4]) L. Néel, *Cahiers de Physique*, n° 25, 1944, p. 1.

([5]) L. Landau et E. Lifshitz, *Phys. Z. des Sowjetunion*, 8, 1935, p. 153.

([6]) L. Néel, *Ann. Physique*, 5, 1936, p. 232.

Becker (7) et Akulov (8). Lorsque la direction du champ magnétique est celle d'un axe quaternaire, le cycle d'hystérésis est rectangulaire, avec un champ coercitif : $H_c = (2K/\mathcal{J})$. Pour un ensemble de sphères orientées au hasard, sans interactions, un calcul graphique simple mais long montre que, si K est positif, le cycle moyen possède un champ coercitif $H_{cm} = 0{,}64\ K/\mathcal{J}$; soit, pour le fer, 160 gauss environ.

L'expérience montre qu'il est possible de fabriquer des poudres de fer à grand champ coercitif, et les dimensions de leurs grains, d'après les mesures de F. Bertaut, sont alors de 200 à 300 Å, en excellent accord avec le diamètre critique qui résulte de nos calculs, mais les champs coercitifs obtenus par L. Weil atteignent 1000 gauss et montrent ainsi que l'anisotropie magnétocristalline ne suffit pas à expliquer le phénomène. Il faut, très probablement, l'attribuer à l'anisotropie de forme des grains. Nous le montrerons prochainement.

DÉCHARGE DANS LES GAZ. — *Signification physique et mesure de la constante de temps de l'allumage de la décharge dans les gaz.* Note (1) de M. **Jean Moussiegt.**

Une première Note (2) a donné une relation expérimentale entre le courant maximum i_{max} obtenu par la décharge d'un condensateur à travers un gaz, sous faible pression et la capacité C de ce condensateur. D'autre part, dans une deuxième Communication (3) j'ai essayé de jeter les bases d'une théorie simple pour retrouver cette relation, sans y arriver d'emblée. J'admettais une loi de variation du courant, lors de l'allumage, de la forme

$$i = i_l(1 - e^{-\alpha t}), \quad (1)$$

i_l étant le courant de la décharge continue sous la tension v considérée. Une variation de v a simplement pour effet de modifier ce courant limite, suivant les valeurs déterminées par la caractéristique statique.

Je me propose de montrer qu'il y a effectivement un développement de l'allumage, mis en évidence par l'étude de la décharge intermittente. De plus, il m'a été possible de trouver par voie théorique la relation existant entre le courant maximum et la capacité. De cette relation on peut déduire un procédé de mesure de la constante de temps de l'allumage $1/\alpha$ plus précis que celui indiqué précédemment.

Le tube déjà utilisé pour le travail antérieur (2) comporte deux électrodes

(7) *Z. f. Physik*, **62**, 1930, p. 253.
(8) *Z. f. Physik*, **81**, 1933, p. 790.

(1) Séance du 19 mai 1947.
(2) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1479.
(3) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 659.

filiformes placées bout à bout, suivant l'axe du tube, et distantes de quelques millimètres. En régime continu, la gaine cathodique couvre une longueur l de la cathode variable avec le courant i. Il en est de même en régime intermittent quand le courant passe par son maximum et il y a proportionnalité entre i_{max} et la longueur l correspondante. C'est dire qu'au maximum de courant, *la densité de courant est toujours la même*, sur la cathode. C'est très vraisemblablement celle de la décharge continue sous la tension d'allumage. En effet le maximum de courant est toujours obtenu sous une tension très proche de cette dernière. Cela montre que, lors de l'allumage, on doit atteindre très vite l'état stationnaire, avec la densité de courant limite, dans un canal très étroit. Ensuite, le courant augmente par expansion latérale de ce canal initial. La constante de temps que nous avons considérée est donc caractéristique de cette extension du volume occupé par la décharge, par un processus à préciser.

J'ai, d'autre part, obtenu la relation exacte entre le courant maximum et la capacité du condensateur. Comme la mesure de i_{max} à l'oscillographe cathodique m'obligeait à décharger le condensateur sur le tube à gaz en série avec une résistance r, j'ai tenu compte de celle-ci. Le calcul figurera probablement dans une publication plus étendue. J'en donne simplement le résultat. En éliminant le temps des équations et en supposant qu'au maximum de courant la tension est égale à la tension statique d'allumage, on obtient la relation

$$\frac{1}{C\rho\alpha} + \frac{1}{4} = \left[\frac{i_A}{i_{max}} - \left(\frac{r}{\rho} + \frac{1}{2}\right)\right]^2; \tag{2}$$

i_A représente le courant continu sous la tension d'allumage, $1/\rho$ la pente de la caractéristique statique supposée rectiligne, $1/\alpha$ la constante de temps de l'allumage.

D'après cette relation, pour C donné, $1/i_{max}$ est une fonction linéaire de r, ce qui avait été trouvé expérimentalement. D'autre part, pour $r = 0$, i_{max} prend la valeur i_M telle que

$$\frac{1}{C\rho\alpha} = \frac{i_A}{i_M}\left(\frac{i_A}{i_M} - 1\right), \tag{3}$$

que l'on peut écrire

$$\frac{i_M}{C} = \rho\alpha i_A^2\left(\frac{1}{i_M} - \frac{1}{i_A}\right). \tag{4}$$

J'ai vérifié cette relation pour toutes les valeurs de C. Il est donc inutile de distinguer deux types de caractéristiques, suivant que la capacité C est supérieure ou inférieure à une certaine valeur critique, comme j'avais été amené à le faire avant d'avoir pu conduire aussi loin l'interprétatiton de ces expériences.

De la variation de $1/i_{max}$ avec r (à capacité C donnée), on peut déduire ρi_A, d'après la relation (2). De la droite (4) représentant la variation de i_M/C en fonction de $1/i_M$, on déduit i_A par l'abscisse à l'origine et $\rho\alpha i_A^2$ par la pente. Ces

données permettent le calcul des trois inconnues ρ, i_A et α. C'est ainsi que pour le tube mentionné la constante de temps de l'allumage est

$$\frac{1}{\alpha} = 190\ \mu\text{s}.$$

En conclusion, on voit que l'observation du courant maximum dans la décharge intermittente ouvre un accès à l'étude du mécanisme de l'allumage de la décharge.

ÉLECTRONIQUE. — *Composante rediffusée du rayonnement électronique secondaire des métaux.* Note [1] de M. **Pierre Palluel**, présentée par M. Camille Gutton.

Dans la composition du rayonnement électronique secondaire tel qu'on le mesure habituellement pour des métaux frappés par un faisceau cathodique, il est inclus un terme dû à la rediffusion, ou réflexion non élastique, d'électrons primaires sortant de la surface bombardée.

En dehors de déterminations de B. F. Schonland [2] sur Al, Cu, Ag et Au, il n'a été publié aucune mesure systématique correcte de cet effet. Pour obtenir des résultats plus nombreux, une méthode analogue a été mise en œuvre, basée sur le fait que les électrons secondaires dus principalement à l'ionisation des niveaux périphériques des atomes possèdent une énergie moyenne de quelques eV, tandis que les électrons rediffusés conservent en moyenne une fraction importante de leur énergie initiale. La composante rediffusée est séparée au moyen d'un potentiel antagoniste.

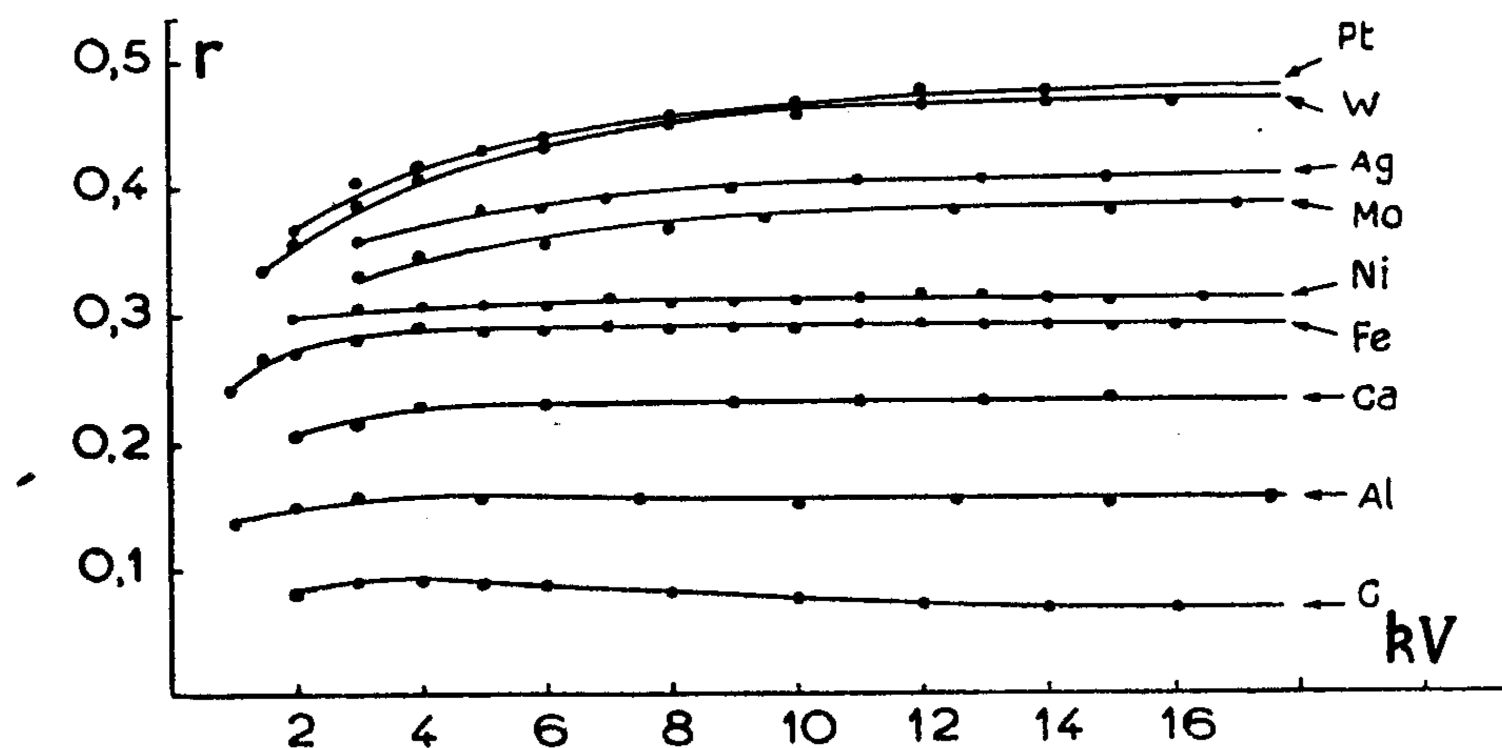
Le rapport du nombre d'électrons rediffusés au nombre des électrons primaires incidents définit un coefficient de rediffusion r, qui est une certaine fraction du coefficient d'émission secondaire δ. On a étudié le cas usuel d'un faisceau monocinétique frappant une surface plane sous incidence normale.

Aux faibles énergies pour lesquelles δ atteint habituellement son maximum, 200 à 600 eV, r est généralement de l'ordre de quelques % seulement, de sorte que ce facteur influence peu la valeur de δ dans cette zone. Au delà, r croît constamment, tandis que δ diminue plus ou moins lentement. Au-dessus de 2000 eV, δ a été rarement étudié, et c'est cependant à partir d'une énergie primaire de cet ordre que la rediffusion présente des propriétés caractéristiques. Ceci ressort des courbes (*fig.* 1) représentant pour différents métaux la variation de r en fonction de l'énergie primaire jusqu'à 20000 eV environ ($\beta = 0,25$).

(1) Séance du 12 mai 1947.

(2) *Proc. Roy. Soc. London*, (A), **104**, 1923, p. 235; *Proc. Roy. Soc. London*, (A), **108**, 1925, p. 187.

Des valeurs notablement plus élevées avaient été indiquées antérieurement par H. W. Schmidt [3] et A. Becker [4] notamment, mais P. Lenard [5] a montré



qu'il fallait leur faire subir de larges réductions pour tenir compte d'importantes erreurs systématiques inhérentes aux procédés de mesure employés. Les résultats de Schonland au contraire ont été obtenus dans des conditions expérimentales correctes et nos présents résultats sont en accord satisfaisant avec eux.

D'après les courbes de la figure, la tendance de r vers une valeur pratiquement indépendante de la vitesse primaire apparaît comme un fait général. Une constance très nette est observée pour des éléments tels que Ca, Fe, Ni, Cr, Ag, rangés dans la partie médiane du système naturel. Pour Ta, W et Pt, éléments lourds, des énergies plus élevées sont nécessaires, mais le phénomène conserve la même allure. Avec des éléments légers, comme Al, Mg, C, la saturation se produit pour des énergies plus faibles avec un maximum peu prononcé et d'autant plus que l'élément est plus léger.

Malgré quelques différences d'aspect, il est donc à retenir de ces expériences que la rediffusion électronique des métaux sous incidence normale ne dépend pratiquement que de leur nature si les électrons primaires sont suffisamment rapides. Dans ce même domaine de vitesses, le pouvoir émissif secondaire est inversement proportionnel à l'énergie primaire. Cette différence radicale dans le comportement tient uniquement au fait que l'effet d'émission secondaire proprement dit s'exerce principalement dans les couches superficielles du métal, tandis que la rediffusion est un effet dans toute la masse. Il est ainsi compréhensible que la valeur de r soit pratiquement indépendante, ainsi qu'il a été observé, de l'état de surface de l'échantillon : état mécanique ou présence de contamination, éléments décisifs pour l'émission secondaire.

(3) *Ann. Physik*, **23**, 1907, p. 671.
(4) *Ann. Physik*, **17**, 1905, p. 381.
(5) *Quantitatives über Kathodenstrahlen*, 1918, p. 225.

Les courbes précédentes montrent clairement que r croît continuellement avec le numéro atomique. Cette constatation est à rapprocher d'observations faites antérieurement par P. L. Copeland [6] et R. Warnecke [7], selon lesquelles la rapidité de la décroissance de δ au delà du maximum est d'autant moins accentuée que le métal considéré est plus lourd. Ce fait s'explique d'une manière satisfaisante puisque la plupart des métaux ont des δ max. voisins et que r représente la limite de δ aux énergies primaires élevées.

OPTIQUE. — *Formules relatives à une lame mince transparente, baignée par deux milieux transparents, dans le cas de la réflexion totale.* Note de M. **Florin Abelès**, présentée par M. Jean Cabannes.

A la fin d'un mémoire sur la réflexion vitreuse [1], M. Arzeliès esquisse une étude des lames minces transparentes, baignées par deux milieux transparents, en réflexion totale. Il aboutit à ses résultats après une longue étude des ondes évanescentes. Je vais montrer qu'on aboutit très simplement à ses résultats en partant de la formule classique pour une lame mince. Cette méthode a, de plus, l'avantage de donner R_1 sous une forme plus simple et la même pour les deux polarisations envisagées et de fournir en même temps le déphasage de l'onde réfléchie.

Les notations sont celles utilisées déjà [2], avec la seule différence que l'épaisseur de la lame est désignée par d. L'indice $\parallel$ désigne les ondes pour lesquelles $\vec{E}$ est dans le plan d'incidence et l'indice $\perp$ celles pour lesquelles $\vec{E}$ est perpendiculaire à ce plan. On part de ${}_1r=(r_1 e^{i\alpha_1}+r_2)/(e^{i\alpha_1}+r_1 r_2)$. Dans notre cas, la relation $n_0 \sin\theta_0 = n_1 \sin\theta_1$ fournit pour $\sin\theta_1$ une valeur supérieure à 1. Donc $n_1 \cos\theta_1 = i(n_0^2 \sin^2\theta_0 - n_1^2)^{\frac{1}{2}} = i\gamma_1$, quantité purement imaginaire. De même, $\alpha_1 = 4\pi n_1 d \cos\theta_1/\lambda = i\gamma d$. Quant aux r_i, ce sont des quantités complexes de module 1 et d'argument δ_i donné par

$$\operatorname{tg}\frac{\delta_{1\perp}}{2} = -\frac{\gamma_1}{n_0\cos\theta_0}, \qquad \operatorname{tg}\frac{\delta_{2\perp}}{2} = -\frac{\gamma_1}{n_2\cos\theta_2};$$

$$\operatorname{tg}\frac{\delta_{1\parallel}}{2} = -\frac{n_0\gamma_1}{n_1^2\cos\theta_0}, \qquad \operatorname{tg}\frac{\delta_{2\parallel}}{2} = -\frac{n_2\gamma_1}{n_1^2\cos\theta_2}.$$

d'où, finalement,

$${}_1r = \pm\frac{e^{-\gamma d}e^{i\delta_1} - e^{i\delta_2}}{e^{-\gamma d} - e^{i(\delta_1+\delta_2)}}.$$

Dans la formule précédente et dans toutes celles qui suivent et qui contiennent

(6) *Phys. Rev.*, **46**, 1934, p. 167.
(7) *L'onde Électrique*, **16**, 1937, p. 524.
(1) *Ann. de Phys.*, **1**, 1946, pp. 50-68.
(2) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 891.

un double signe, le signe supérieur correspond à la polarisation $\perp$ et le signe inférieur à la polarisation $\parallel$. On en déduit

$$R_1 = |_1r|^2 = \frac{1 + e^{2\gamma d} - 2e^{\gamma d}\cos(\delta_1 - \delta_2)}{1 + e^{2\gamma d} - 2e^{\gamma d}\cos(\delta_1 + \delta_2)}, \qquad T_1 = 1 - R_1 = \frac{4e^{\gamma d}\sin\delta_1\sin\delta_2}{1 + e^{2\gamma d} - e^{\gamma d}\cos(\delta_1 + \delta_2)}.$$

Je donne l'expression de T_1, car on voit bien qu'elle généralise simplement celle donnée par M. Arzeliès dans le cas où $n_0 = n_2$. En effet dans ce cas il suffit de prendre $\delta_1 = \delta_2$ et de poser $f = [4e^{\gamma d}/(e^{\gamma d} - 1)]^2$ pour avoir

$$T_1 = \frac{f\sin^2\delta}{1 + f\sin^2\delta}.$$

La variation de T_1 avec l'épaisseur de la couche ou avec la longueur d'onde est très simple. En effet, on a

$$\frac{\partial T_1}{\partial d} = \frac{4e^{\gamma d}(1 - e^{2\gamma d})\sin\delta_1\sin\delta_2}{[1 + e^{2\gamma d} - 2e^{\gamma d}\cos(\delta_1 + \delta_2)]^2} \times \frac{\gamma}{d} = -\frac{d}{\lambda} \times \frac{\partial T_1}{\partial\lambda}.$$

Donc pour toutes les lames envisagées jusqu'à présent dans cette Note, on a toujours $\partial T_1/\partial d \leqq 0$ et $\partial T_1/\partial\lambda \geqq 0$. La courbe représentative, par exemple de T_1 en fonction de λ, part tangente à l'origine à l'axe des abscisses et est asymptote à la droite $T_1 = 1$. On peut déterminer sans trop de difficultés la position du point d'inflexion en résolvant une équation réciproque du 4^e degré en $e^{\gamma d}$.

La variation de phase par réflexion, autre quantité accessible aux mesures, est donnée par l'argument de $_1r$. On trouve que

$$\operatorname{tg}\Delta\varphi = \frac{(1 - e^{2\gamma d})\sin\delta_1}{(1 + e^{2\gamma d})\cos\delta_1 - 2e^{\gamma d}\cos\delta_2}.$$

Il peut être utile de connaître aussi la différence de phase $\Delta\varphi'$ qui s'introduit par transmission. Dans ce cas, il faut partir de la formule donnant $_1t$. $\Delta\varphi'$ est son argument. On trouve

$$\operatorname{tg}\Delta\varphi' = \frac{1 - e^{\gamma d}}{1 + e^{\gamma d}}\,\frac{\pm(\sin\delta_1 - \sin\delta_2) - \sin(\delta_1 + \delta_2)}{1 \pm (\cos\delta_1 - \cos\delta_2) - \cos(\delta_1 + \delta_2)}.$$

Pour que cette étude soit complète, il faut étudier aussi le cas où il y a réflexion totale sur l'intersurface séparant le milieu d'indice n_1 de celui d'indice n_2. On posera

$$n_2\cos\theta_2 = i(n_0^2\sin^2\theta_0 - n_2^2)^{\frac{1}{2}} = i\gamma_2,$$

γ_2 étant une quantité réelle et l'on aura

$$r_{2\perp} = \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{\gamma_1 + \gamma_2}, \qquad r_{2\parallel} = \frac{n_1^2\gamma_2 - n_2^2\gamma_1}{n_1^2\gamma_2 + n_2^2\gamma_1}.$$

Donc les r_2 sont des quantités réelles et par suite

$$ {}_1r = \frac{\pm e^{-\gamma d} e^{i\delta_1} + r_2}{e^{-\gamma d} \pm r_2 e^{i\delta_1}}, \qquad R_1 = |{}_1r|^2 = 1, $$

résultat prévisible d'ailleurs. Pour la différence de phase à la réflexion $\Delta\varphi''$, on trouve la valeur

$$ \operatorname{tg} \Delta\varphi'' = \frac{\pm(1 - r_2^2 e^{2\gamma d}) \sin \delta_1}{2 r_2 e^{\gamma d} \pm (1 + r_2^2 e^{2\gamma d}) \cos \delta_1}. $$

On remarquera que toutes les quantités évaluées dépendent de d et de λ uniquement par l'intermédiaire de $e^{\gamma d}$ et qu'elles sont toutes des quotients de polynomes du deuxième degré au plus en $e^{\gamma d}$. Ceci nous a permis de faire une étude détaillée de leurs variations en fonction de d et de λ.

OPTIQUE INSTRUMENTALE. — *Un nouveau type d'objectif pour le microscope photographique.* Note de MM. **Georges-Albert Boutry** et **Paul-Louis Billard**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les objectifs de microscope actuellement utilisés ont tous été calculés pour l'observation en lumière blanche, et le plus souvent pour l'examen visuel des images qu'ils fournissent. L'aberration de sphéricité et la coma étant convenablement réduites, leurs constructeurs ont dû faire porter tout leur effort sur la réduction des aberrations chromatiques de position. Les meilleurs apochromats possèdent un chromatisme de grandeur nuisible à leur usage en microphotographie : les microscopistes savent qu'on n'obtient souvent de bonnes épreuves qu'en munissant la source utilisée de filtres jaunes ou verts destinés à supprimer les radiations les plus réfrangibles du spectre. D'autre part, la courbure du champ image obtenu est considérable; l'emploi d'un oculaire de petit diamètre masque ce défaut, mais limite considérablement le champ réel obtenu. De divers côtés, des recherches ont été entreprises pour doter les objectifs d'un achromatisme meilleur. Mais le microscope est un des rares instruments d'observation dans lequel la source utilisée pour l'éclairage peut être choisie au gré de l'utilisateur. Comme on possède aujourd'hui nombre de sources de radiations monochromatiques de grande brillance, nous avons songé, au contraire, à abandonner toute correction chromatique, pour rechercher d'autres améliorations et en particulier un champ plus étendu. Le contraste coloré est un des éléments d'appréciation importants dans l'étude des microphotographies : aucun microscopiste ne peut se contenter des résultats obtenus avec un éclairage monochromatique de longueur d'onde invariable; mais les variations du contraste coloré seront beaucoup plus sensibles si l'on exécute deux ou plusieurs clichés successifs avec des éclairages monochromatiques de longueurs d'onde variables. Une telle façon d'opérer doit être commode et rapide : le même objectif doit donc pouvoir servir dans tous les cas.

Pour une ouverture numérique et un agrandissement déterminés, les conditions que nous avons posées au cours du calcul d'un nouvel objectif de microscope ont donc été les suivants :

réduction de l'aberration de sphéricité et de la coma, à toutes ouvertures, pour l'indice moyen du domaine d'emploi;

réduction de la variation chromatique de ces aberrations dans tout le domaine spectral d'emploi à des valeurs ne dépassant pas les maxima définis par la condition de Rayleigh calculée pour le plan de mise au point optima;

extension du champ angulaire de netteté acceptable par réduction de la courbure et de l'astigmatisme dans toute la mesure du possible.

La variation de convergence avec la longueur d'onde n'étant pas prise en considération, un tel objectif sera incapable de donner des images en lumière blanche.

Dans la solution que nous avons étudiée, l'élément essentiel est un doublet formé de deux lentilles taillées dans *le même verre* et séparées par une lame d'air dont l'épaisseur joue un rôle essentiel dans la réduction des variations chromatiques des aberrations géométriques. Cette réduction est remarquablement bonne; en choisissant convenablement la matière, les conditions de Rayleigh restent bien satisfaites dans un intervalle spectral d'une octave.

A titre d'exemple, nous avons construit un objectif de ce type, d'ouverture numérique 0,35. Sa distance focale est de $10^{mm},4$. Il a été corrigé pour un grandissement voisin de 24. Composé de deux doublets successifs (quatre lentilles), il n'utilise qu'une seule matière (fluor-crown). Sa correction et son pouvoir séparateur se maintiennent dans tout le spectre visible; ce dernier est très près d'égaler le pouvoir séparateur théorique. La définition et le contraste des images monochromatiques obtenues sont nettement supérieurs à ceux que fournissent les meilleurs objectifs du commerce. Le champ de netteté acceptable est presque triple de celui que donneraient les objectifs du commerce de même grandissement : le rayon de courbure polaire de la surface lieu des cercles de moindre diffusion est ici de 31^{mm} (pour trois objectifs actuels que nous avons étudiés, il est compris entre 8 et 13^{mm}). Ce résultat a été obtenu en utilisant comme frontale une lentille plan concave qui forme en même temps le premier élément du doublet d'entrée. Un tel artifice limite l'ouverture numérique possible, mais d'autres combinaisons plus ouvertes sont en cours d'étude.

Pour utiliser la totalité du champ de netteté fourni par cet objectif, l'emploi d'un oculaire est contre-indiqué. Les photographies sont prises avec l'objectif seul, dont le grandissement a été choisi tel qu'il fournisse des deux points les plus rapprochés qu'il puisse séparer sur des objets de contraste compris entre 1 et 0,5, des images écartées d'au moins 20 μ, valeur nettement supérieure à la limite de séparation qu'on utilise. Cette condition correspond à la relation :

$$\gamma \geqq 60\, n \sin u.$$

Les images sont ensuite agrandies de façon que le pouvoir séparateur de l'ensemble objectif-instrument-émulsion photographique soit entièrement utilisé. En construisant en quartz ou en fluorure de lithium des objectifs correspondant aux conditions énumérées dans la présente Note, il sera possible d'obtenir des images monochromatiques correctes dans le domaine 5500-3000 Å; des artifices évidents permettront alors d'obtenir une image nette en éclairage ultraviolet, la mise au point étant faite en lumière visible. Une publication plus complète sera faite ultérieurement.

PHYSIQUE DES SURFACES. — *Potentiel de surface des couches monomoléculaires très diluées.* Note (¹) de M. **Jean Guastalla**, transmise par M. Jacques Duclaux.

La différence de potentiel au passage de la surface libre de l'eau ou d'une solution aqueuse est modifiée par la présence d'une couche monomoléculaire. C'est cette modification que l'on appelle le *potentiel de surface*. Divers auteurs (²) ont étudié le potentiel de surface des films concentrés. Les tentatives de calcul du moment électrique de la molécule à partir de leurs résultats conduisent à des valeurs beaucoup trop faibles.

J'ai été amené antérieurement (au cours de la recherche d'une équation d'état des couches monomoléculaires) (³) à envisager la réorientation des molécules superficielles de l'eau dans le champ du film ; dans cette hypothèse, le potentiel de surface pourrait être considéré comme la somme d'un effet dû aux molécules dipolaires du film et d'un effet dû aux modifications de moment vertical des molécules superficielles de l'eau. L'effet total s'écrirait :

$$V_{\text{volts}} = 12\pi m\left(\delta - K\delta^{\frac{3}{2}}\right),$$

m étant le moment vertical de la molécule du film, mesuré en debyes, et δ la densité superficielle du film, mesurée en A^{-2}.

La forme de la courbe représentative de cette relation faisait prévoir un changement de signe du phénomène aux grandes dilutions.

Ayant pu observer qualitativement ce changement de signe, j'ai entrepris l'étude quantitative du phénomène dans le domaine des grandes dilutions (films gazeux). A cet effet, j'ai monté un dispositif à électrode ionisante au

---

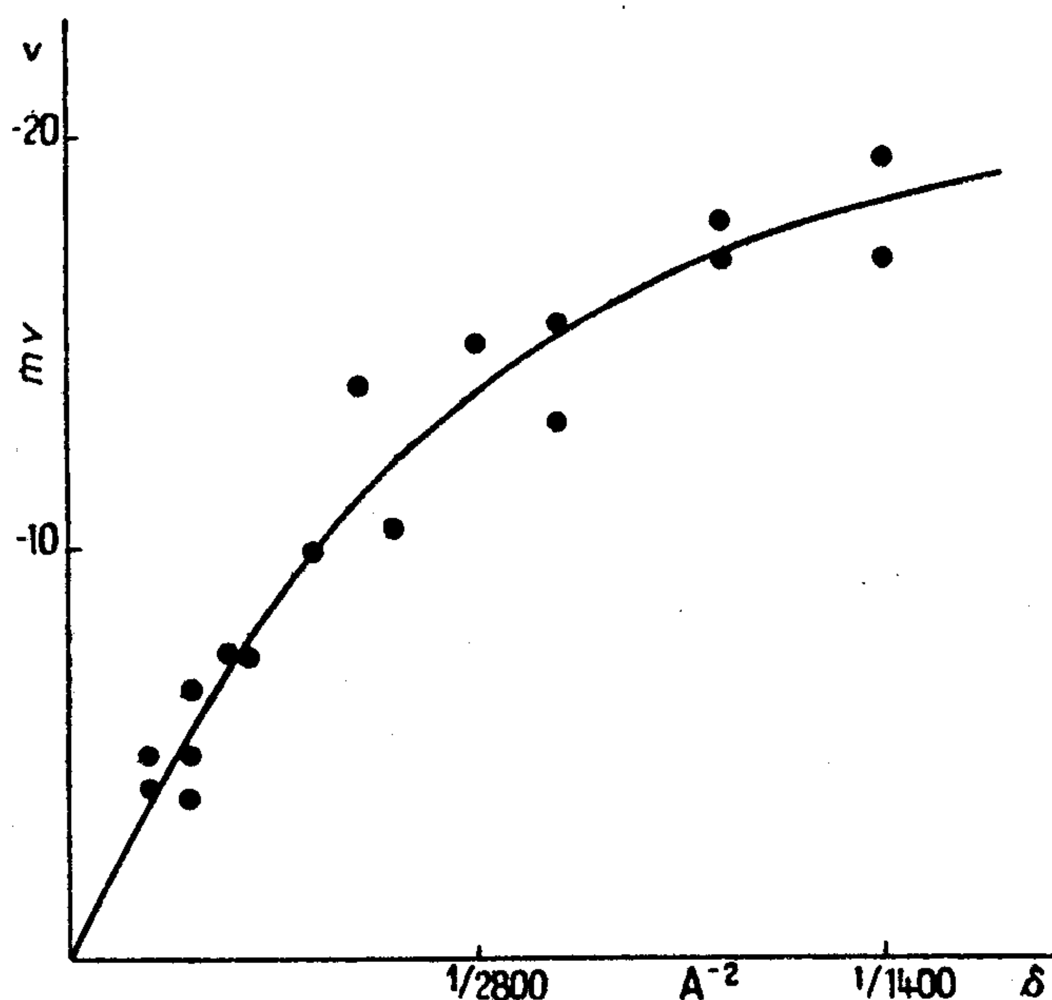
(¹) Séance du 19 mai 1947.

(²) Guyot, *Ann. Phys.*, 10ᵉ série, **2**, 1924, p. 506; Frumkin, *Zeits. Phys. Ch.*, **116**, 1925, p. 466; Schulman et Rideal, *Proc. Roy. Soc.*, A, **130**, 1931, p. 259; Adam et Harding, *Proc. Roy. Soc.*, A, **138**, 1932, p. 411; Harkins et Fischer, *J. Chem. Phys.*, **1**, 1933, p. 852; Dervichian, *Ann. Phys.*, 11ᵉ série, **8**, 1937, p. 361 ; etc.

(³) Cf. J. Guastalla, *Thèse* (Montpellier, 1945, à paraître).

polonium; la *pile à gaz ionisé*, opposée à un potentiomètre, charge un condensateur; la décharge du condensateur produit, après amplification, un *top* dans un écouteur téléphonique; l'extinction du *top* indique l'exactitude de l'opposition.

J'ai étudié principalement des films d'acide myristique sur de l'eau distillée (aires moléculaires 1000 à 30 000 A^2). Le potentiel de surface est négatif (pour un observateur placé au-dessus de la surface); ses valeurs moyennes, portées en fonction des densités superficielles δ, encadrent correctement une courbe ayant la forme prévue par la théorie (figure). Si l'on porte en fonction des



racines carrées des densités superficielles δ les rapports V/δ, les points ainsi obtenus encadrent une droite, conformément à la relation :

$$V/\delta = 12\pi m\left(1 - K\,\delta^{\frac{1}{2}}\right).$$

L'extrapolation aux dilutions extrêmes permet le calcul du moment vertical m de la molécule du film; toutes les séries de mesures ont conduit à des valeurs voisines de 1,8 debye. Les films concentrés présentent un potentiel de signe opposé.

Si le *phénomène pur* correspond aux films extrêmement dilués, on est conduit à admettre que la molécule superficielle d'acide myristique tourne son pôle négatif vers le haut.

CHIMIE PHYSIQUE. — *De la forme des pièces polaires dans la mesure des susceptibilités magnétiques.* Note (¹) de M. **Adolphe Pacault**, présentée par M. Paul Pascal.

J'ai montré (²) que la forme des pièces polaires avait une importance capitale dans la mesure des susceptibilités magnétiques par la méthode de Gouy.

Elle commande, en effet, la forme du champ qui intervient par son carré dans la force F agissant sur une substance de densité ρ_v, de susceptibilité k et épousant la forme d'un cylindre de section s,

$$F = \frac{1}{2} k \rho_v s (H^2 - H'^2);$$

H, champ au niveau de l'extrémité supérieure de l'échantillon;
H′, champ au niveau de la base de l'échantillon.

Pour que la quantité de substance nécessaire à une mesure soit assez faible, il faut que la distance entre l'extrémité supérieure et la base de l'échantillon soit petite; il en résulte que H′ doit être petit devant H, pour que la force ne soit pas négligeable, ce qui entraîne la recherche de pièces polaires pour lesquelles la courbe $H^2 = f(x)$ soit très rapidement décroissante.

J'ai déjà décrit un modèle de pièces qui donnent de bons résultats; cependant celui que représente la figure 1 est d'un usinage plus facile et donne des résultats meilleurs.

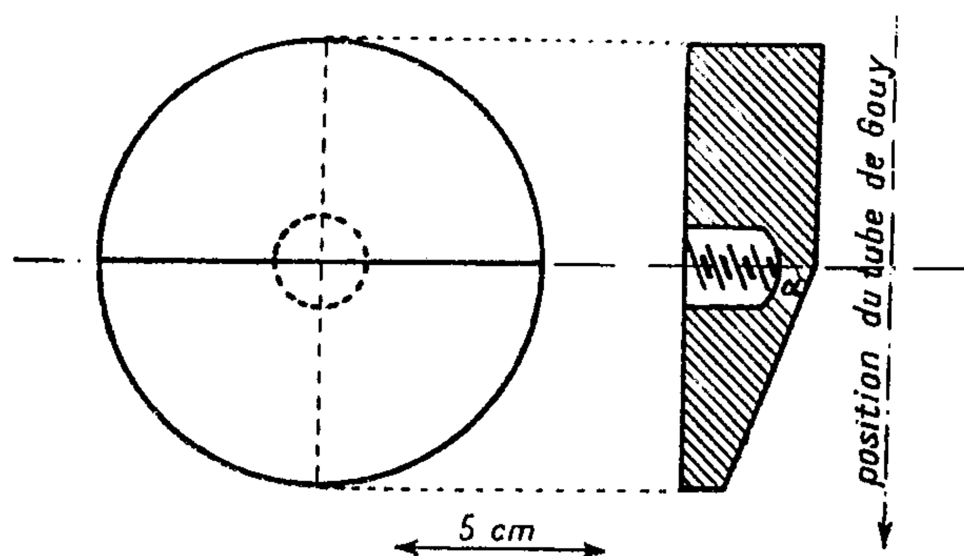


Fig. 1.

On constate, en effet, en prospectant le champ par la méthode précédemment indiquée, que pour ces nouvelles pièces polaires la pente de la courbe $H^2 = f(x)$ est plus grande et, concurremment, le gradient du carré du champ $\partial H^2/\partial x$.

Les courbes 1, 2 et 1′, 2′ représentent en fonction de x les grandeurs H^2

(¹) Séance du 19 mai 1947.

(²) *Ann. de Chimie*, septembre-octobre 1946, p. 527.

et $\partial H^2/\partial x$. Les courbes 2 et 2' sont relatives aux nouvelles pièces polaires et peuvent être facilement comparées aux courbes 1 et 1' caractéristiques des anciennes. On constate que le champ est uniforme sur 3^cm au moins (espace largement suffisant pour soustraire la collerette du tube de mesure à toute

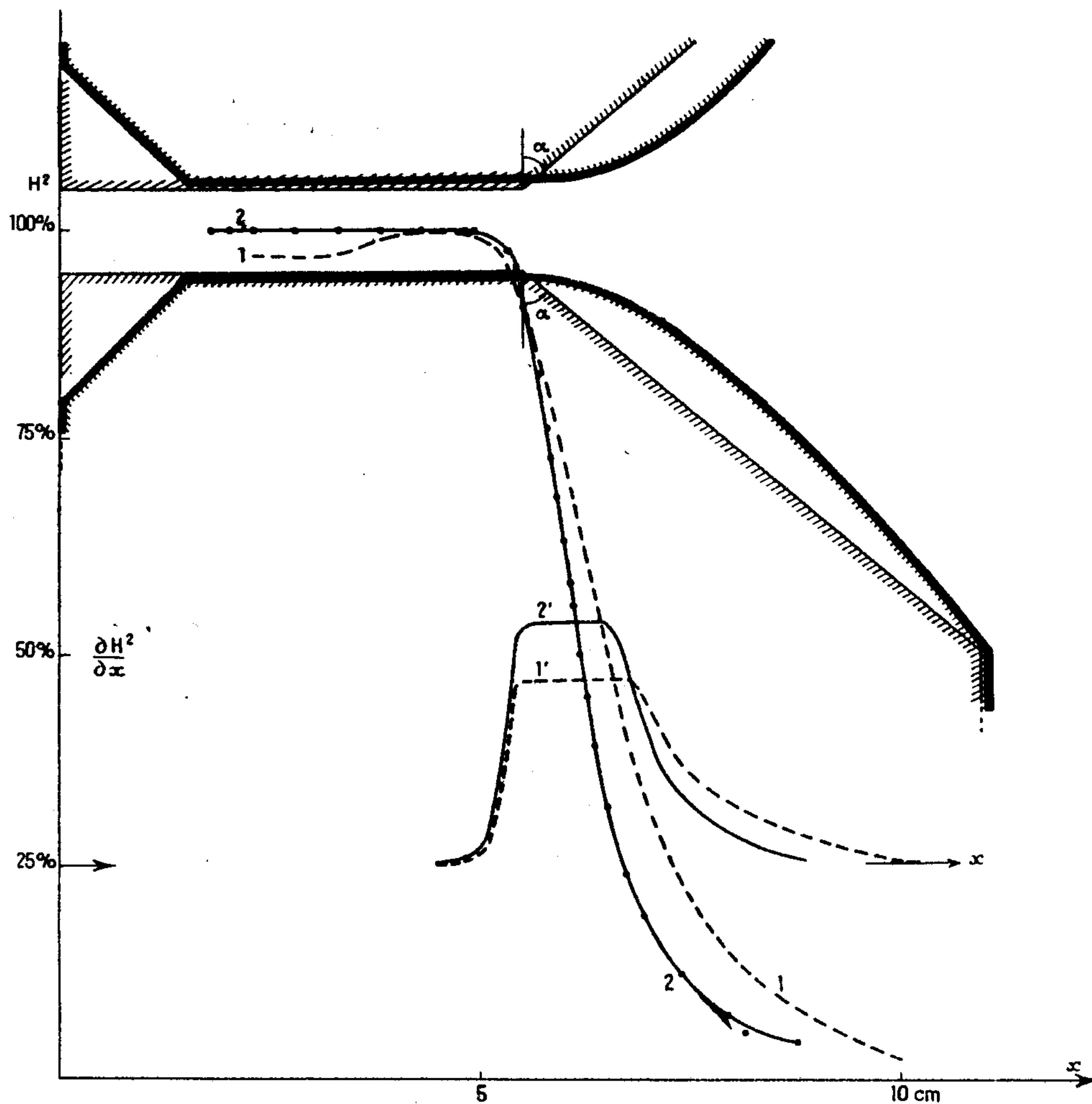


Fig. 2.

action magnétique) et qu'à 3^cm du point où sa valeur H_0 est maximum il égale $H_0/10$. On remarque également que la diminution de l'angle α entraîne une augmentation souhaitée de la pente de la courbe $H^2 = f(x)$, et il est facile de prévoir qu'en diminuant encore la valeur de α on pourrait augmenter à nouveau la pente de cette courbe.

On pourrait alors obtenir des gradients de champ qui permettraient certainement de réduire la quantité de substances nécessaire pour faire une mesure. Des recherches sont actuellement poursuivies dans cette voie.

La précision obtenue avec ces pièces est naturellement meilleure que celle

que j'ai précédemment indiquée (0,5 %). Les récentes mesures de Grillot ([3]) faites avec les tubes de faible capacité déjà décrits ([2]) et ces pièces polaires d'un nouveau modèle, montées sur un électroaimant de moyenne puissance ($H_0 \sim 16000$ œrsteds), en sont la meilleure preuve.

CHIMIE COLLOÏDALE. — *Étude de quelques corps organographitiques par la diffraction des rayons* X. Note ([1]) de MM. **Henri A. Sack** et **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. Louis Hackspill.

La décomposition thermique d'un composé organique donne lieu à la formation de corps qui, comportant l'aspect et certaines propriétés du graphite, se rapprochent néanmoins par leur composition élémentaire et par certaines réactions chimiques des composés organiques proprement dits; nous avons désigné ces corps sous le nom d'*organographites*. Ils présentent notamment les principales caractéristiques du graphite : insolubilité moléculaire et pression de vapeur pratiquement nulle. Examinés aux rayons X, on observe sur les diagrammes de ces corps les interférences typiques du graphite à l'état *turbostratique* défini par J. Biscoe et B. E. Warren ([2]). Chacune des lamelles dont sont constitués les cristaux élémentaires forme une macromolécule individuelle presque entièrement composée d'hexagones de carbone; à sa périphérie sont fixés d'autres éléments ([3])([4]).

L'étude des interférences de rayons X de ces corps révèle une diffusion centrale caractéristique exceptionnellement large, d'intensité sensiblement constante ([5]) et qui a été dénommée pour cette raison *plateau*.

En utilisant la radiation monochromatique $K\alpha$ du cuivre obtenue par réflexion sur un cristal de ClNa, on a comparé un carbon-black *Micronex* de structure connue, à la matière qui forme la phase discontinue d'un brai de houille et d'un bitume de pétrole mexicain, cette matière étant obtenue par électrophorèse en solution nitrobenzénique ([6]). On obtient dans ces conditions de bons diagrammes dont les caractères principaux sont résumés dans le tableau ci-contre : la figure ci-jointe donne l'allure des courbes photométriques.

([3]) *J. de Chim. Phys.*, 43, 1946, p. 169.

([1]) Séance du 12 mai 1947.

([2]) *J. Appl. Physics*, 13, 1942, p. 364.

([3]) U. Hoffmann, *Berichte*, 65, 1942, p. 1821.

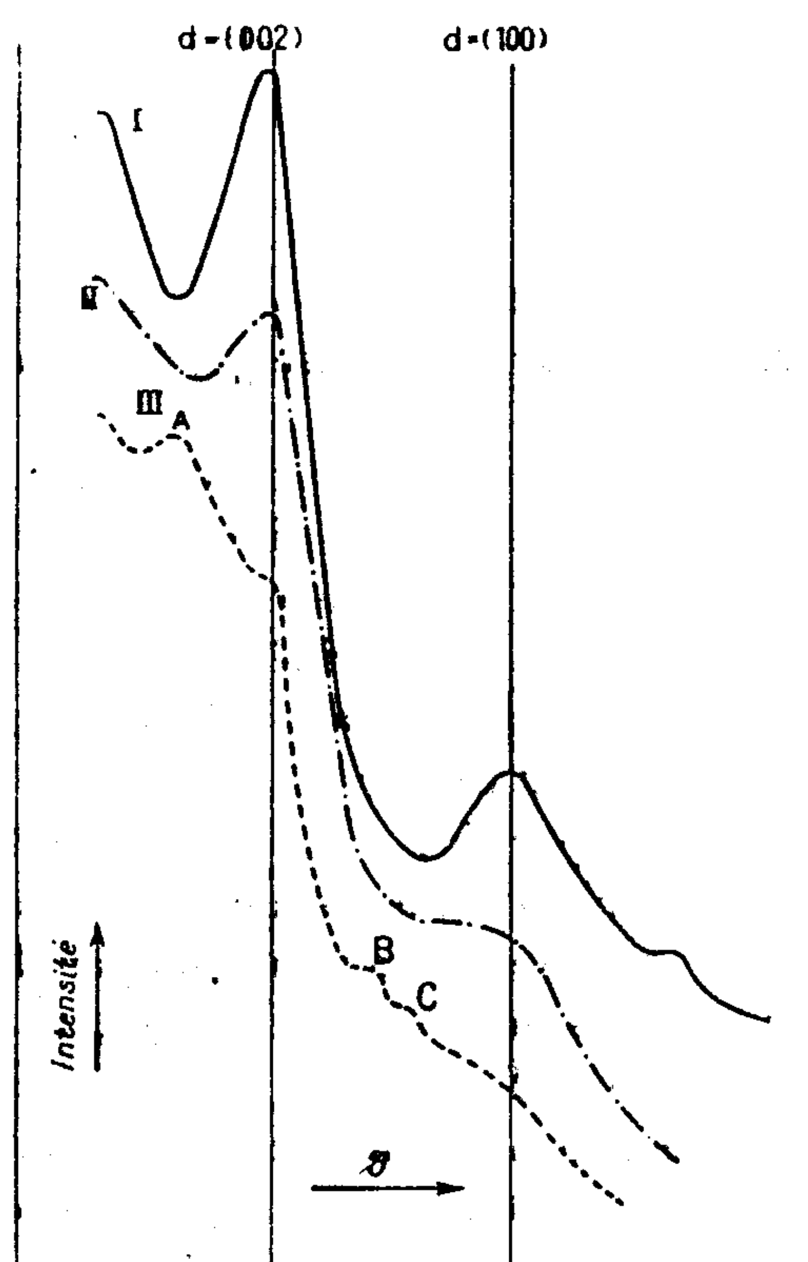
([4]) H. L. Riley, *Fuel*, 24, 1945, pp. 8 et 43; *Ultra-fine structure of coal and cokes*, Londres, 1944, pp. 176-231.

([5]) P. Krishnamurti, *Indian J. Physics*, 5, 1930, p. 473.

([6]) Henri A. Sack, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 833.

Carbon-black Micronex (d en Å).	Phase discontinue — Brai de houille (d en Å).	Phase discontinue — Bitume de pétrole (d en Å).
–	–	4,35 (*)
3,42	3,35	3,35
–	–	2,88
–	–	2,37
2,06	2,05	–
1,73	1,72 (?)	–

(*) Anneau diffus semblable à une interférence de liquide (*voir* courbe III).



Courbes photométriques des diagrammes de rayons X.

I. Carbon-black « Micronex ». — II. Phase discontinue de brai de houille. — III. Phase discontinue de bitume d'asphalte mexicain. (Pour plus de clarté, les courbes sont décalées sur l'axe des intensités les unes par rapport aux autres.)

Ces résultats indiquent la parenté de structure entre le carbon-black et la phase dispersée du brai de houille. En effet, on retrouve dans cette dernière, en plus du plan (002) du graphite déjà signalé par B. Simek ([7]), de bonnes

([7]) *Mit. Kohlenforschgsinst.*, Prag, 3, 1937, p. 40.

interférences correspondant au plan (100), l'interférence (004) étant trop faible pour être identifiée avec certitude sur les clichés. L'intensité du *plateau* produit par cette substance est particulièrement forte.

Les diagrammes de la matière obtenue à partir du bitume de pétrole sont plus difficiles à interpréter. Ils révèlent, d'une part, un *plateau* caractéristique des organographites et un anneau pour la distance de 3,35 Å, d'autre part nous y trouvons trois interférences supplémentaires, un anneau diffus A pour $d = 4,35$ Å semblable à une interférence de liquide et deux anneaux faibles mais nets, B et C, pour $d = 2,88$ Å et $d = 2,37$ Å qui ne peuvent pas appartenir à un système organographitique. Il n'est donc pas possible, contrairement aux résultats de F. J. Nellensteyn ([8]), d'identifier cette substance à partir de son diagramme de rayons X comme étant un graphite ou un organographite.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réactions de la diphényl-1.3 hydroxy-1 isoindanone.* Note ([1]) de M. **Serge Ecary**, transmise par M. Marcel Delépine.

Il a été décrit précédemment ([2]) une réaction de formation du diphénylisobenzofuran à partir d'un cétol indanique, la diphénylhydroxyisoindanone (I), par action d'un acide fort sur son sel de potassium. Cette curieuse dégradation, avec perte d'un carbone, méritait d'être vérifiée en détail. En vue d'étudier la constitution du produit initial (I) de la réaction, j'ai cherché à mettre en évidence ses groupements cétonique et hydroxylé.

Ce corps avait déjà été décrit par C. F. Kœlsch ([3]) et je l'ai préparé, comme lui, par action du bromure de phénylmagnésium sur la phénylindanedione. En accord avec cet auteur, j'ai constaté que la réduction par IH en milieu acétique conduisait à un produit de fusion instantanée 169°, auquel C. F. Kœlsch attribue la formule (II), et que l'oxydation chromique en milieu acétique donnait, avec un très bon rendement, le dibenzoylbenzène.

En plus, j'ai constaté que le cétol était partiellement énolisé (20 % si l'on s'en rapporte au dosage d'hydrogène mobile : 1,2 H au lieu de 1). On retrouve approximativement cette fraction d'énolisation quand on remplace l'H de l'hydroxyle par CH_3. En effet, le produit, (III) F 149-150°, a 0,25 H mobiles au lieu de zéro pour la forme cétonique. On le prépare par chauffage dans l'alcool méthylique contenant 5 % en poids de ClH sec. Il est à remarquer

([8]) *The science of Petroleum*, Oxford, 1938, pp. 2760-2763.

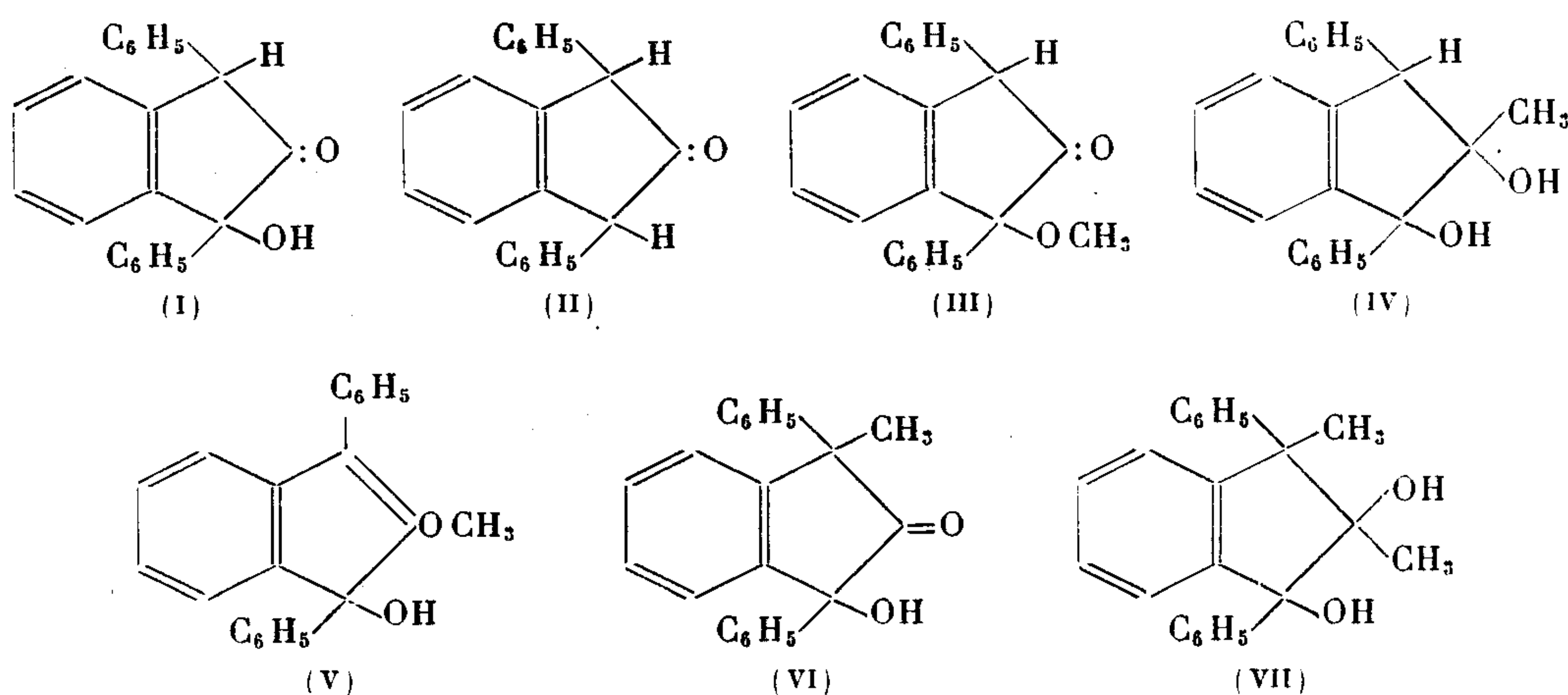
([1]) Séance du 17 mars 1947.

([2]) Ch. Dufraisse et S. Ecary, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1143.

([3]) *Am. Soc.*, 58, 1936, p. 1322.

au passage que si l'on augmente le pourcentage de ClH, le rendement diminue rapidement. Celui-ci ne dépasse jamais 25 %.

D'autre part, bien que je n'ai pas réussi à faire une des réactions habituelles de caractérisation des cétones (transformation en oxime, en 2.4-dinitrophénylhydrazone), il est vraisemblable que le cétol possède bien une fonction cétone, car il peut réagir avec les magnésiens. Ainsi, quand on le chauffe pendant 30 minutes à 120° en tube scellé en présence de IMg CH_3 en solution dans l'oxyde d'amyle, on obtient avec un rendement voisin de 50 % un produit blanc, de F 150-152°, soluble dans les solvants courants. La réaction se produit déjà à froid, dans l'éther, à condition de laisser au moins 24 heures en contact. Cependant le rendement est, dans ce cas, beaucoup plus mauvais. D'après les analyses et le dosage d'hydrogène mobile, (1,4H au lieu de 2), je lui ai attribué la formule (IV).



Enfin, quand on fait réagir sous vide le sel de K du cétol sur ICH_3 pendant 2 heures à 60°, on obtient un produit blanc, différent de (III) (F 130°) dont l'analyse correspond à un dérivé monométhoxylé et possédant exactement 1 H mobile. On hésite entre les formules (V) et (VI) suivant que la cétone réagit sous la forme énolique ou qu'il y a alcoylation de la cétone, c'est-à-dire substitution de l'H du carbone voisin par un CH_3. J'ai levé l'indétermination en faisant réagir sur ce produit $IMgCH_3$ en tube scellé à 60°. Il se forme ainsi, avec un très bon rendement, un produit qui possède 2 H mobiles, F 196°. J'ai donc été obligé de lui donner la formule (VII), qui impose la formule (VI) au dérivé précédent.

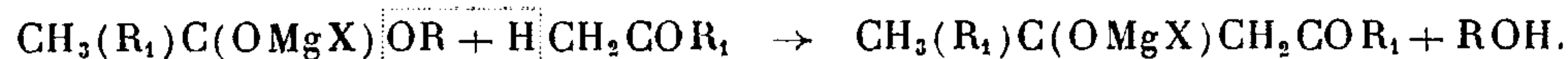
Ces différentes réactions et produits obtenus autorisent donc à donner à ce cétol la formule que C. F. Koelsch lui avait attribuée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mécanisme de condensation des cétones. Règle de structure des β-cétones-alcools de duplication.* Note (¹) de M. **Jacques-Émile Dubois**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il existe plusieurs méthodes de condensation des cétones aliphatiques en β-cétones-alcools.

1° L'agitation d'une cétone en milieu basique, limitée, en fait, à l'acétone.

2° L'emploi des alcoolates magnésiens mixtes qui donnent de bons rendements pour les méthylcétones à chaînes droites.



$$CH_3(R_1)C(OMgX)\,OR + H\,CH_2COR_1 \rightarrow CH_3(R_1)C(OMgX)CH_2COR_1 + ROH.$$

3° Les amino-magnésiens, méthode plus générale.

$$CH_3(R)C(OMgX)\,NR_1R_2 + H\,CH_2COR \rightarrow CH_3(R)C(OMgX)CH_2COR + NH(R_1R_2).$$

4° L'action condensatrice de $C_3H_7(iso)MgCl$ que nous avons récemment étudiée (²).

$$CH_3(R)C(OMgX)\,C_3H_7(iso) + H\,CH_2COR \rightarrow CH_3(R)C(OMgX)CH_2COR + C_3H_8.$$

Dans cette dernière méthode, l'hypothèse que l'énol de la cétone ou les alcools tertiaires et de réduction correspondants agissent, en tant qu'agents condensants, sous la forme d'alcoolates magnésiens, ne peut être retenue. En effet, on condense sans difficultés par $C_3H_7(iso)MgCl$ la di-éthyl cétone, par exemple, alors que l'on n'obtient que 6 à 8^g de son cétol en 90 heures par les alcoolates magnésiens.

Les propriétés des β-cétols sont voisines de celles des β-aldols. La première proposition de la règle de Lieben (³) (*L'union de deux molécules d'aldéhyde en un aldol se fait par le carbone situé en α du carbonyle*), régit aussi les phénomènes de cétolisation des cétones. Cependant, l'existence de deux carbones différemment substitués laisse prévoir deux β-cétols pour une cétone dissymétrique. *En réalité, quelle que soit la méthode employée, on n'obtient pratiquement qu'un seul cétone-alcool.*

Par quel carbone α s'effectue la duplication cétolique? Il n'a jamais été formulé, à notre connaissance, de règle qui donne une réponse précise à cette question. Aussi avons-nous tenté de le faire en essayant d'appliquer la deuxième proposition de Lieben (bien que pour les aldols celle-ci présente des excep-

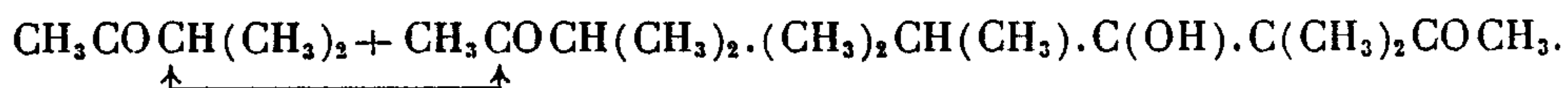
(¹) Séance du 12 mai 1947.

(²) J.-E. Dubois, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1018.

(³) *Monatsh.*, **22**, 1901, p. 289.

tions). Dans le cas d'aldéhydes différents, la molécule qui cède l'hydrogène est celle qui se trouve être *la plus substituée en* α. Il nous a paru logique d'essayer d'étendre cette proposition aux cétols en rapprochant la condensation d'une cétone sur elle-même de celle de deux aldéhydes l'un sur l'autre. La cétolisation de la méthylisopropylcétone, condensable soit par $\equiv CH$ soit par $-CH_3$, comparable ainsi à l'aldolisation mixte de CH_3CHO avec $(CH_3)_2CHCHO$ donnerait un β-cétol selon l'équation suivante

$$CH_3COCH(CH_3)_2 + CH_3COCH(CH_3)_2 . (CH_3)_2CH(CH_3).C(OH).C(CH_3)_2COCH_3.$$



Or on voit dans le tableau ci-dessous que l'hydrogène est cédé ici par le groupe méthyle.

Radicaux donneurs (H') possibles.	Mécanisme de formation des β-cétones-alcools.		
CH_2, CH_2..*n*	$2CH_3.CO.CH_2R$	→	$R.CH_2(CH_3)C(OH)CH_2.CO.CH_2R$
			$R = CH_3$, C_2, H_5, C_3, H_7, C_8H_{17}.
CH_3, CH_2 *iso*	$2(CH_3)_2CH.CH_2.CO.CH_3$	→	$(CH_3)_2CH.CH_2.(CH_3)C(OH).CH_2.CO.CH_2.CH(CH_3)_2$
CH_3, CH	$2(CH_3)_2CH.CO.CH_3$	→	$(CH_3)_2CH.(CH_3)C(OH).CH_2.CO.CH(CH_3)_2$.
CH_2, CH_2	$2R.CH_2.CO.CH_2R$	→	$RCH_2.(CH_2R).C(OH)CH(CH_3).CO.CH_2R$
			$R = H$, CH_3, C_2H_6.
C, CH_3.......	$2(CH_3)_3C.CO.CH_3$	→	$(CH_3)_3C.(CH_3)C(OH).CH_2.CO.C(CH_3)_3$.

Les échecs rencontrés dans nos essais d'application de la règle de Lieben aux β-cétols nous ont amené à formuler la règle suivante.

RÈGLE DES β-CÉTOLS DE DUPLICATION. — *Lorsqu'une cétone se condense sur elle-même en un β-cétone-alcool, le groupement* CH_3 *cède plus facilement un hydrogène à la molécule réceptrice que le groupement* CH_2 *et celui-ci plus facilement que le groupement* CH, ou plus simplement : « La cétolisation s'effectue par *le carbone* α *le moins substitué* » (cf. tableau).

Cette règle qui, à notre connaissance, ne présente pas d'exception contrairement à celle de Lieben, sera sans doute utilisée lorsqu'on voudra préparer des cétols de structures définies. Les formules de ces cétols détermineront celles des cétones à condenser. Il conviendra naturellement de s'assurer que la cétolisation est possible, c'est-à-dire que chaque cétone « possède au moins trois atomes d'hydrogène indifféremment répartis au voisinage du carbonyle » (1).

Nous montrons ainsi qu'il est possible de raisonner les phénomènes de formation des β-cétones-alcools de duplication, matières premières utilisables pour de nombreuses synthèses ultérieures.

---

(1) J. COLONGE, *Thèse*, Lyon 1934.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique et distillation hydrogénante des azines sur le nickel de Raney.* Note ([1]) de M. **Ladislas Beregi**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'étude de l'hydrogénation catalytique des azines a fait l'objet de nombreux travaux, mais aucun essai ne semble avoir été tenté en présence du nickel de Raney.

L'hydrogénation des azines par le nickel réduit ([2]) en milieu gazeux conduit à un mélange d'amines primaire et secondaire, accompagné dans certains cas de l'amine tertiaire correspondant.

Winans et Adkins ([3]), en appliquant à la benzaldazine leur méthode d'hydrogénation catalytique basée sur l'emploi du nickel kieselguhr à 100° sous 100^{atm}, mettent en évidence la formation prépondérante de l'amine primaire, mélangée à une certaine proportion d'amine secondaire et, même, d'amine tertiaire. Ces auteurs procèdent à une expérience comparative entre le nickel déposé sur kieselguhr ($2\text{-}3^g$) et le nickel de Raney (10^g) dans l'hydrogénation de la benzaldoxime et arrivent à un résultat rigoureusement identique dans les deux cas. Néanmoins, de ce fait isolé, on ne pouvait conclure à un comportement identique de ces deux catalyseurs dans l'hydrogénation des azines.

L'échauffement considérable des aldazines, R—CH=N—N=CH—R au contact du nickel de Raney semble indiquer une affinité marquée du catalyseur vis-à-vis de l'enchaînement azinique, et de fait l'hydrogénation se fait assez facilement à froid en utilisant l'alcool comme solvant.

Par contre les cétazines $\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>\!C{=}N{-}N{=}C\!<\!\!\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}$ ne s'hydrogènent qu'à chaud et lentement, en présence d'une petite quantité d'alcool. On n'absorbe jamais la quantité théorique d'hydrogène.

La propanaldazine s'hydrogène assez rapidement. On recueille à la distillation la propylamine (É 49-50°) et très peu de dipropylamine (É 110-112°). *Rendement en amine primaire* : 68 %.

L'hydrogénation de l'isobutanaldazine conduit à l'isobutylamine (É 66-68°) et à une faible quantité de di-isobutylamine. *Rendement en amine primaire* : 64 %.

Le produit d'hydrogénation de la diméthylcétazine est l'isopropylamine, passant entre 32° et 34°. *Rendement* 85 %.

L'hydrogénation de la méthyl-éthylcétazine donne exclusivement de l'amino-2 butane distillant entre 62° et 64°. *Rendement* 81 %.

([1]) Séance du 10 mai 1947.

([2]) Mailhe, *Bull. Soc. Ch.*, **27**, 1920, p. 541 ; **29**, 1921, p. 219.

([3]) *J. Am. Chem. Soc.*, **55**, 1933, p. 2057.

La méthyl-propylcétazine s'hydrogène très lentement et conduit également à l'amine primaire, l'amino-2 pentane, (É 89-90°) avec un *rendement de* 79 %.

Tous les rendements cités plus haut, s'entendent après décomposition du chlorhydrate et régénération de la base.

Lors de leur hydrogénation sur le nickel de Raney, on relève entre les comportements des aldazines et cétazines des différences semblables à celles qui ont été signalées entre les aldoximes et les cétoximes ([4]).

Dans les exemples de cétazines que nous venons de citer, la quantité du produit d'hydrogénation dépassait celle correspondant au volume d'hydrogène effectivement mesuré. Il nous a paru intéressant de vérifier si la seule présence du catalyseur réalisait l'hydrogénation des azines, et dans quelles limites.

Une première série d'expériences nous a fait adopter la méthode par distillation lente sur nickel. Nous avons utilisé dans tous nos essais 5^g de nickel de Raney gardé sous l'éther anhydre, pour 10^g d'azine. Par un chauffage doux, la réduction se fait régulièrement.

En déplaçant l'équilibre par distillation de l'amine primaire au fur et à mesure de sa formation, on peut orienter la réduction des aldazines (propanaldazine, isobutanaldazine, isovaléraldazine) *vers la production exclusive des amines primaires.* Les cétazines donnent également les amines primaires correspondantes avec des rendements quantitatifs.

Dans ces réductions, le nickel de Raney joue le rôle de *réservoir d'hydrogène*, et lorsque, à la fin de la réaction, il est privé d'hydrogène occlus, il devient alors inactif.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la structure de quelques osotétrazines et tétrazanes d'après leurs spectres d'absorption.* Note ([1]) de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours de mes recherches chimiques et spectrales sur les produits d'oxydation des hydrazines, j'ai été conduit à étudier la structure de quelques osotétrazines et tétrazanes.

A. *Osotétrazines.* — Aux osotétrazines, obtenues par oxydation des phényl-osazones (réaction de l'osazone), Peckmann ([2]) a attribué la formule (I), tandis que Stollé ([3]) considère ces mêmes composés comme possédant la

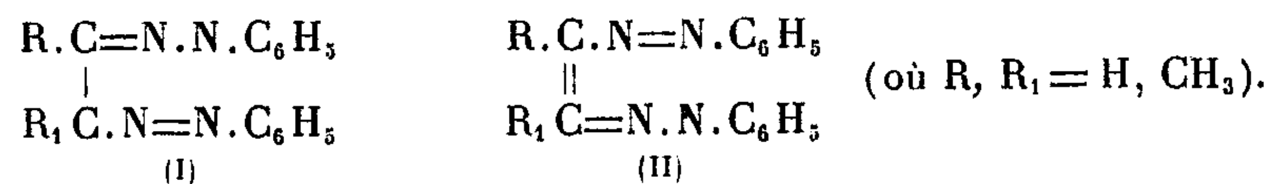
([4]) Paul, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 363; *Bull. Soc. Ch.*, 4, 1937, pp. 1115, 1121.

([1]) Séance du 12 mai 1947.

([2]) *Ber. d. chem. Ges.*, **21**, 1888, p. 2755.

([3]) *Ber. d. chem. Ges.*, **54**, 1926, p. 1742.

structure bis-azoïque (II)



L'étude d'absorption dans l'U. V. moyen et le visible de quelques osotétrazines m'a montré que la structure de ces composés semble être en accord avec la structure bis-azoïque. En effet, en s'appuyant sur des considérations relatives *aux allures générales des absorptions des azoïques et des phénylhydrazones* ([4]), on peut constater que les courbes d'absorption des solutions chloroformiques de la glyoxalosotétrazine F152°, courbe 1, et de la diacétylosotétrazine,

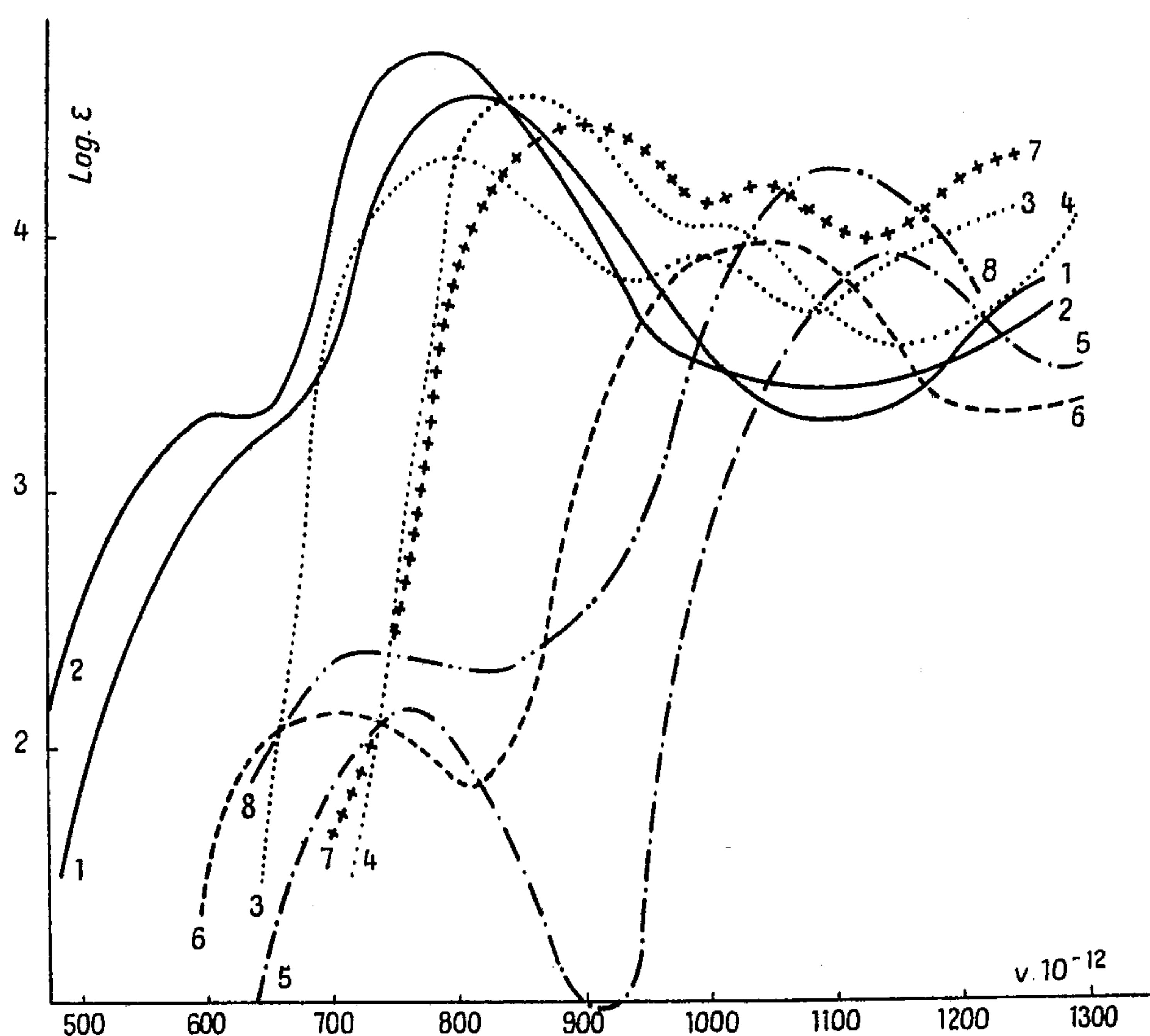


Fig. 1.

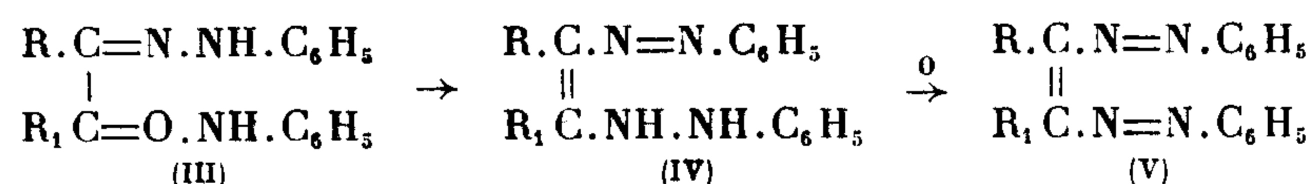
F169°, courbe 2, présentent l'allure azoïque. Sur la même figure j'ai tracé les courbes des solutions chloroformiques des phénylosazones du glyoxal, F179°, courbe 3 et du diacétyle, F245°, courbe 4. J'ai représenté également sur cette figure les courbes d'absorption des solutions alcooliques de

---

([4]) P. Grammaticakis, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1139.

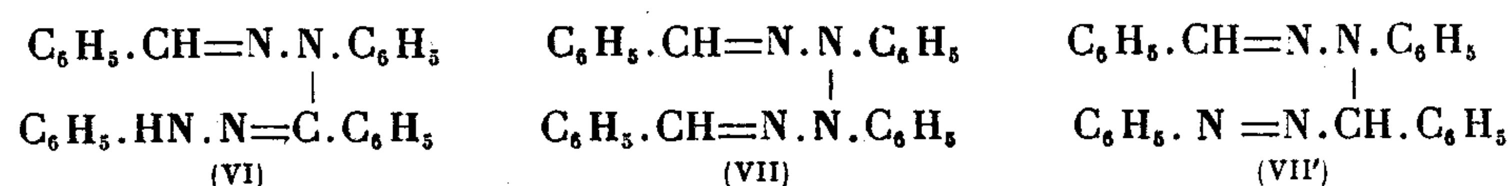
quelques azoïques mixtes typiques, à savoir du benzènazométhane courbe 5 et de la benzènazoformamide, F 114°, courbe 6.

Par suite l'oxydation des phénylosazones en osotétrazines peut être représentée par le schéma



Ce schéma permet l'explication des propriétés de la réaction de l'osazone en tenant compte des conditions d'isomérisation des hydrazones et d'oxydation des hydrazoïques ([5]).

B. *Tétrazanes.* — La phénylhydrazone du benzaldéhyde oxydée fournit, à côté de la $N^{\alpha}.N^{\beta'}$-diphényl-N^{β}-benzal-benzhydrazidine (VI), F 209°, et d'autres produits (α et β benzilphénylosazones etc.), la 2.3-diphényl-1.4-dibenzal-tétrazine (VII), F 191°



L'examen de la courbe d'absorption de la solution chloroformique de la benzhydrazidine précédente, courbe 7, montre que l'absorption de cette substance est en accord avec sa structure phénylhydrazonique (VI).

L'absorption de la tétrazane (VII) en solution dioxanique (ou chloroformique), courbe 8, semble indiquer la présence dans sa molécule d'un groupe azoïque. D'ailleurs son comportement chimique est en accord avec la structure azoïque. Par suite la formule (VII) de cette substance, admise jusqu'ici par plus d'une dizaine d'auteurs cités dans Beilstein, doit être remplacée par une formule contenant le groupe azoïque, par exemple la formule (VII)', dérivant de la formule (VI) par transformation du groupe $>C=N.NH-$ en $>CH.N=N-$. Cette structure des tétrazanes peut expliquer facilement les caractères de la réaction de Bülow des phénylhydrazones.

CHIMIE ORGANIQUE. — *De l'action combinée de la N-méthylimide maléique et du peroxyde de parabromobenzoyle sur le caoutchouc naturel.* Note ([1]) de M. **André Delalande**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que le caoutchouc naturel est capable de s'unir à certaines substances non saturées dans des conditions déterminées. R. G. R. Bacon et

([5]) P. Grammaticakis, *Praktika de l'Académie d'Athènes*, **16**, 1941, p. 118.

([1]) Séance du 19 mai 1947.

E. H. Farmer [2] ont fixé de l'anhydride maléique sur du caoutchouc en solution en présence de peroxyde de benzoyle. La réaction a été également étendue à l'acide acrylique et aux nitriles acrylique et méthacrylique [3] [4]. Bacon et Farmer produisaient la réaction dans des solutions de caoutchouc chauffées à reflux pendant 18 heures sans éliminer l'influence parasite de l'oxygène atmosphérique. Nous avons été amené à travailler à l'abri de l'air avec des tubes scellés dans lesquels le solvant était introduit par distillation sous vide, selon une technique inspirée de celle utilisée par Ch. Moureu et Ch. Dufraisse [5] pour l'étude de l'autoxydation.

Afin d'essayer d'élucider le mécanisme des réactions, nous avons choisi la N-méthylimide maléique (mI) comme réactif non saturé et le peroxyde de parabromobenzoyle (PbB) comme catalyseur. Ces produits, grâce aux atomes d'azote et de brome de leurs molécules respectives, rendent possible un dosage qui permet de savoir ce qu'ils sont devenus après réaction.

Nous avons d'abord observé que, suivant les conditions de réaction (en particulier, température et concentration du caoutchouc dans le solvant), on obtient tantôt un gel, tantôt un produit soluble :

1° Le gel se forme en dessous de 120-130°, quelle que soit la concentration du caoutchouc, et quelle que soit la température, si la concentration dépasse 3-4 % ;

2° On a un produit soluble si l'on chauffe au-dessus de 120-130°, à condition que la concentration ne dépasse pas 3 à 4 %.

Une indication supplémentaire sur la stucture de ces produits pouvait être fournie par la détermination de leur indice d'iode. Pour cela, il était nécessaire d'obtenir des produits solubles : c'est pourquoi notre étude systématique a été effectuée en chauffant 16 heures à 130° des solutions de caoutchouc à 3 % dans le benzène. Nous avons fait varier la concentration initiale du PbB entre 0,0034 et 0,34 molécule par groupe C_5H_8, et celle de la mI entre 0,1 et 1 molécule par groupe C_5H_8. L'analyse des produits obtenus après purification et séchage a donné les résultats suivants :

1° La présence de brome dans les dérivés d'addition montre que le peroxyde ne joue pas le rôle d'un vrai catalyseur, mais qu'il semble initier des réactions de radicaux libres en chaîne. Si l'on suppose que sa molécule se scinde en deux radicaux Br $\overset{\bullet}{-}$ C_6H_4 — COO —, on trouve que le rendement de la fixation de ceux-ci sur le caoutchouc est voisin de 50 %.

2° La quantité de mI fixée varie pratiquement en raison directe de la quantité introduite initialement (*fig. a*).

---

(2) *Proc. Rub. Techn. Conference London* 1938, p. 256.

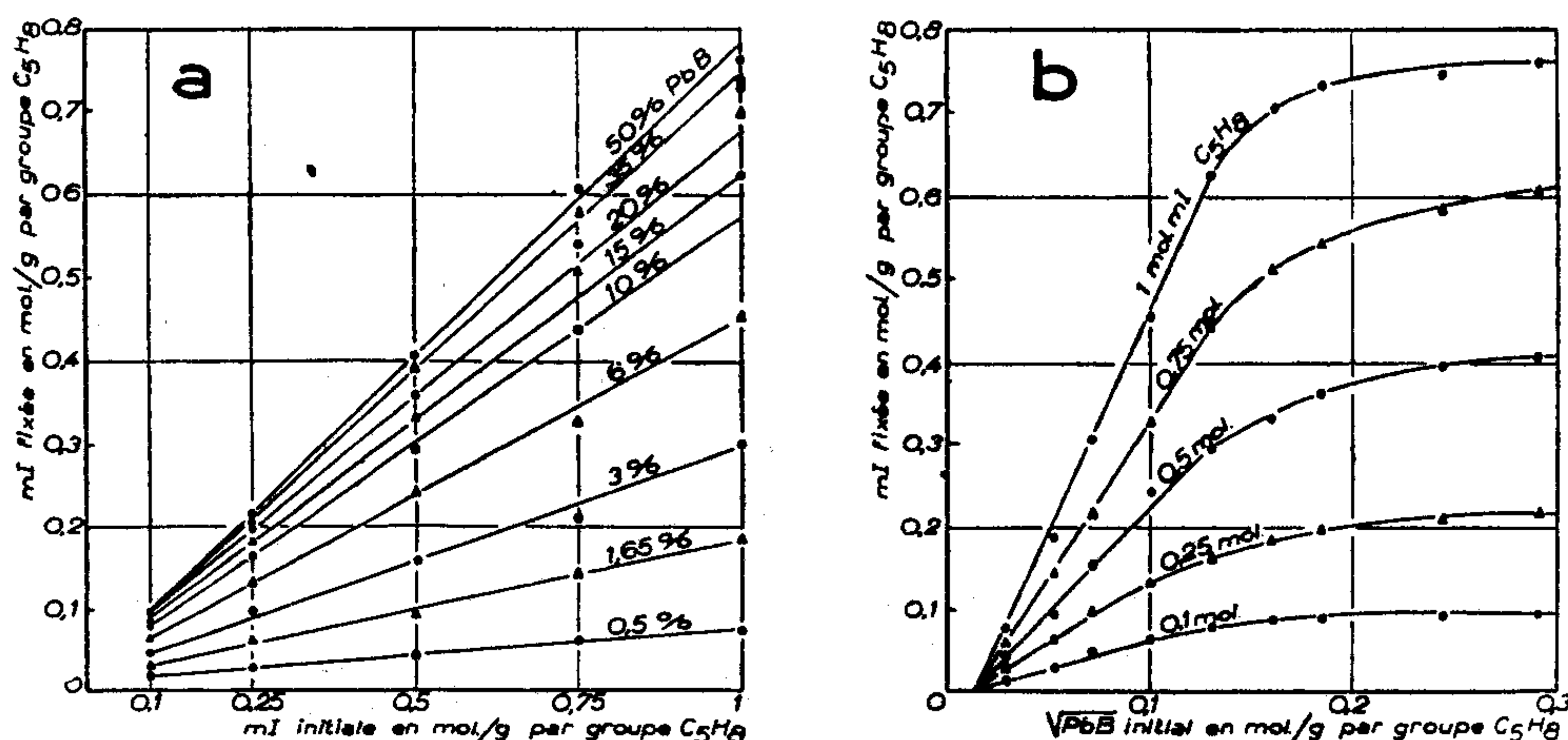
(3) P. Compagnon et A. Delalande, *Revue Gén. Caout.*, 20, 1943, p. 133.

(4) J. Le Bras et P. Compagnon, *Bull. Soc. Chim.*, 11, 1944, p. 553.

(5) *Inst. intern. Chim. Solvay*, 2e Conseil de Chimie, 1925, p. 578.

3° La quantité de mI fixée est sensiblement proportionnelle à la racine carrée de la teneur en PbB initiale, pour des valeurs de cette dernière inférieures à 0,01 molécule par groupe C_5H_8 (*fig. b*).

4° La détermination de la non-saturation, rapportée au caoutchouc, ne donne pas de résultats dont on puisse tenir compte avec une certitude absolue ([6]). Cependant la perte de non-saturation enregistrée varie dans le même sens que la fixation des radicaux bromés issus de la décomposition du PbB, et tout porte à penser qu'il faille l'attribuer presque exclusivement à l'action du



a, variation de la mI fixée en fonction de la quantité de mI initiale pour différentes teneurs initales en PbB.

b, variation de la mI fixée en fonction de la racine carrée de la quantité de PbB initiale pour différentes teneurs initiales en mI.

peroxyde. Quoi qu'il en soit, les valeurs trouvées de la non-saturation montrent que la quasi-totalité de la mI doit se fixer en dehors des doubles liaisons du caoutchouc. Il est vraisemblable que la fixation s'effectue sur les atomes de carbone α-méthyléniques, selon le mécanisme d' « addition substituante », indiqué par K. Alder ([7]) pour les oléfines simples, puis étendu au caoutchouc par E. H. Farmer ([8]) ([9]).

Nous signalerons enfin que l'aspect des composés solubles dans le benzène est identique à celui des produits préparés par Bacon et Farmer avec l'anhydride maléique et le peroxyde de benzoyle : selon la teneur en mI, on passe d'un produit caoutchoutique à des fibres non élastiques, puis à des poudres blanches.

([6]) La méthode de Wijs utilisée donne d'excellents résultats pour le caoutchouc non transformé, mais il semble possible que l'encombrement de la molécule s'oppose à une fixation totale de l'iode sur les doubles liaisons.

([7]) *Ber.*, 76, 1943, p. 27.

([8]) *Trans. Far. Soc.*, 38, 1942, p. 340.

([9]) *Endeavour*, 3, 1944, p. 72.

Ces dernières peuvent théoriquement renfermer jusqu'à 62 % de mI en poids (1 molécule de mI par groupe C_5H_8); en chauffant 16 heures nous n'avons pas dépassé 52,5 %, mais la poudre obtenue était soluble dans l'acétone, vraisemblablement à cause du grand nombre de groupes = CO contenus dans le dérivé d'addition.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Considérations sur la structure de l'insuline.* Note (1) de M. **Alexandre Rimsky**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'insuline cristallise dans le système rhomboédrique (groupe R 3). Les paramètres hexagonaux sont $a = 74,8$; $c = 30,9$ Å (densité 1,31) pour le cristal le moins hydraté. $a = 83$; $c = 34$ Å (densité 1,28) pour le plus hydraté. Les distances entre atomes sont : 2,3; 4,0; 7,0; 10,0 Å (2).

D'après Chibnal la molécule comporte 144 aminoacides hydrophobes et 141 aminoacides hydrophiles, soit un total de 285 pour la molécule [poids moléculaire 34.601, formule brute $(C_{514}H_{743}O_{164}N_{117}S_{12})_3Zn$].

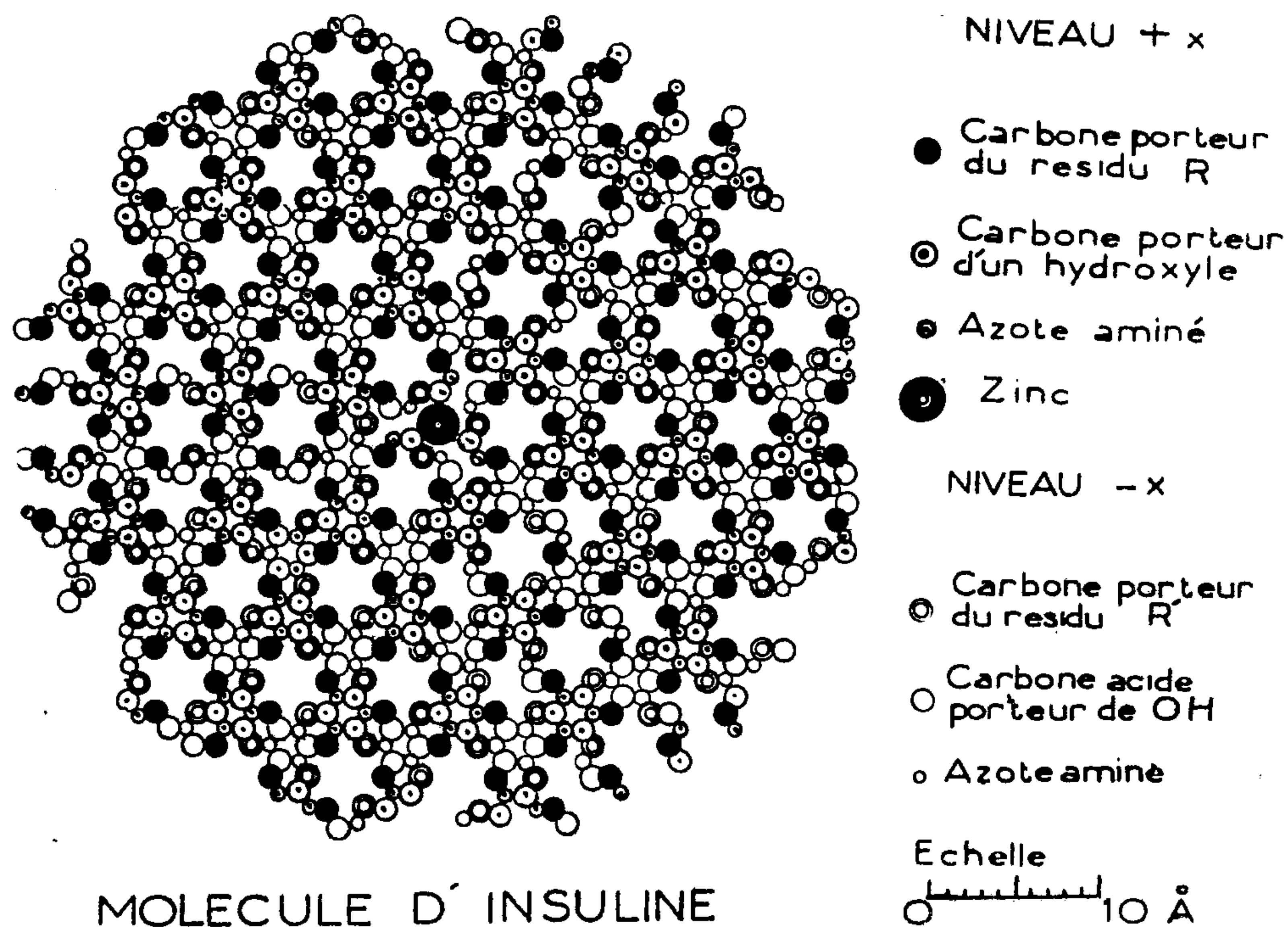


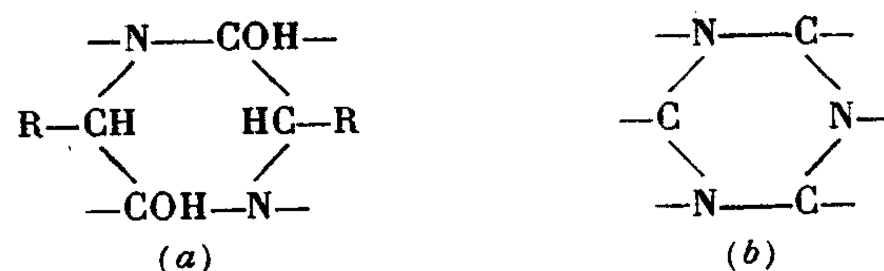
Fig. 1.

Configuration de la molécule. — L'étude des protéines en couche monomoléculaire permet de limiter leur molécule à un ellipsoïde de révolution

(1) Séance du 12 mai 1947.

(2) Crowfoot, *Proc. Roy. Soc.*, A, **164**, 1938, p. 580.

de 50 Å de diamètre et de 20 Å d'épaisseur (Dervichian). Compte tenu de la projection de Patterson sur le plan de base de la maille hexagonale de l'insuline, la molécule peut être limitée à un hexagone, centré sur l'axe ternaire, avec pour sommets les axes ternaires hélicoïdaux. Son côté est de 25 Å. La structure suivante est en accord avec ces données : les 285 aminoacides de formule générale R—CHNH$_2$—COOH s'associent par leurs groupes actifs —COOH et —NH$_2$ (liaison peptidique) en un lacis à deux dimensions à symétrie ternaire s'étendant suivant toute la largeur de la molécule (*fig.* 1). Sur la figure 1 on reconnaît les anneaux pipéraziques (*a*) et triaziques (*b*); ce schéma rappelle celui de Wrinch, mais avec une molécule plane.



Les carbones porteurs des radicaux R forment les sommets d'un pavage hexagonal comportant les distances interatomiques : 2,30; 3,50; 3,99; 6,90;

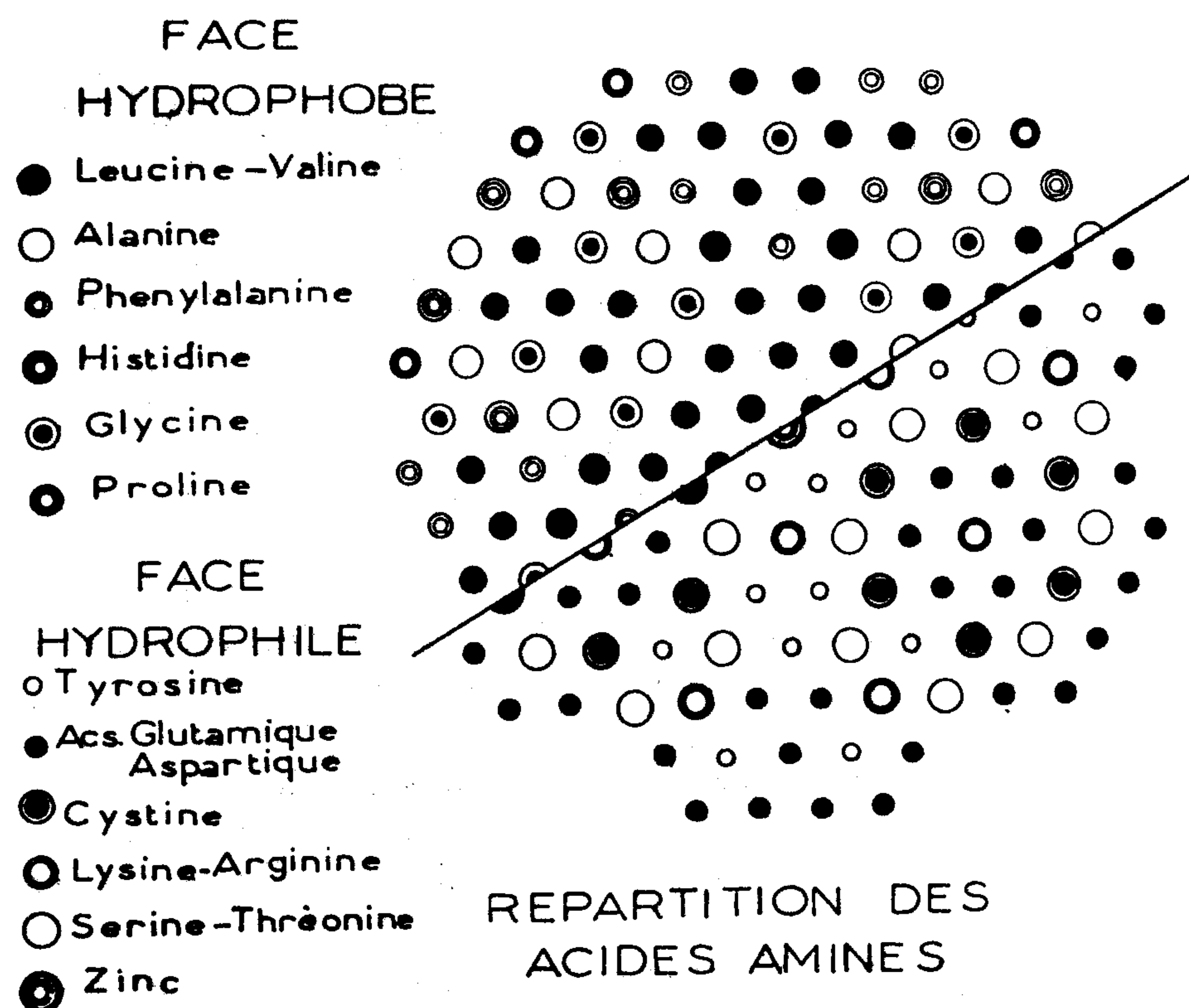


Fig. 2.

10,3 Å en bon accord avec les mesures expérimentales. L'atome de Zn unique est sur l'axe ternaire au centre du lacis. Les restes R sont orientés alternative-

vement sur l'une et l'autre face du lacis, les hydrophobes d'un côté, les hydrophiles de l'autre (face mouillable). S étant la surface du lacis, chaque aminoacide occupe en projection une surface S/285 (6,9 $Å_0$). Sur chaque face les restes R forment un réseau de triangles équilatéraux de côté 4 Å.

La figure 2 donne une répartition probable des différents restes en fonction de leur proportion relative. L'intervalle qui sépare deux restes identiques est lié au nombre de ces radicaux dans la molécule.

Conséquence biologique. — L'intervalle entre les radicaux d'arginine (12 Å) est le même que pour les fonctions guanidines de la décaméthylène-diguanidine, qui est hypoglycémiante comme l'insuline. Freudenberg a montré que l'on peut scinder 9 sur 10 des cystines en cystéines et conserver l'activité de l'insuline. Cela se comprend si l'on admet que ce sont les terminaisons guanidines des radicaux arginines distants de 12 Å qui confèrent à l'insuline son activité hypoglycémiante spécifique.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge mésozoïque de la zone de Hamadan (Iran Septentrional).* Note de M. **Mohamed Dehghan**, présentée par M. Charles Jacob.

Située sur la bordure interne des chaînes du Zagros, la zone appelée « Metamorphosed Paleozoic Nappe Group » par les géologues de l'Anglo-Iranien Oil Company (1) est allongée en direction NW-SE sur plus de 2000^{km}, sur toute la longueur du Zagros, de l'Azerbaïdjan à la province de Mokran.

Les différentes parties de cette zone ont été parcourues depuis un siècle par des géologues allemands, suisses et surtout anglais. Elle était cependant jusqu'à présent la moins connue du Zagros.

Elle est formée essentiellement de schistes argileux, de schistes métamorphiques, de roches vertes basiques métamorphiques et éruptives, et de granites intrusifs. Des grès, des calcaires cristallins divers et des calcaires gris noirs sont intercalés dans les schistes.

Les géologues anglais, ayant découvert des calcaires paléozoïques à *Orionastrea*, à 14 miles au Nord-Est de Hamadan (1, p. 120), et des calcaires à Coraux probablement carbonifères à 12 miles au Sud-Ouest de Saidabad (1, p. 130), ont considéré toute cette zone comme paléozoïque.

Avant eux, Stahl aurait trouvé dans la région de Hamadan une Ammonite écrasée qui pourrait être un *Arietites bisulcatus.* Mais des doutes sont permis à ce sujet car, en révisant la collection des Ammonites de Stahl, Fischer n'a pas retrouvé un tel spécimen.

Dans le Sud-Est de la province de Kerman, Schroeder et Terpstra ont été

(1) Bockh, H. de Lees, G. M. et F. D. Richardson : *Contribution to the stratigraphy and tectonics of the Iranian Ranges.* In : J. W. Gregory, *The Structure of Asia.* London, Methuen, 1929.

frappés (2, p. 52) de l'étroite ressemblance existant entre les schistes cristallins de cette zone et les schistes lustrés des Alpes. Dans son magnifique travail intitulé *Essai sur la Structure de l'Iran*([2]), Schrœder a préféré, pour des raisons de terminologie, nommer cette subdivision des Iranides : zone de Hamadan. Après une étude approfondie l'auteur a conclu que l'âge mésozoïque des formations de cette zone ne pouvait être rejeté en raison de la ressemblance des faciès avec ceux des Alpes internes.

De 1939 à 1946, j'ai eu à maintes reprises l'occasion de me rendre dans les différents secteurs de la moitié septentrionale de la zone de Hamadan de l'Azerbaïdjan au SW d'Esphahan. J'ai découvert plusieurs gisements jurassiques dans la formation schisteuse, formation qui représente le faciès sédimentaire principal de la région qui nous occupe.

1° *Dans la province de Kordestan*, à l'Est et à proximité de la ville de Sanandadj (Senneh), il y a une succession de montagnes peu élevées et de direction NW-SE, direction générale des chaînes du Zagros. Elles sont formées de schistes semblables aux phyllites de Hamadan et surtout de roches vertes éruptives basiques. On en suit la coupe sur la route de Sanandadj-Hamadan. Sur le versant SW de la première montagne, celle qui regarde la ville, il existe trois ravins dont chacun se termine par un petit pont sur la route Sanandadj-Saghez. En remontant le ravin médian jusqu'à son sommet, et en descendant une vingtaine de mètres environ sur la pente opposée, on rencontre des schistes avec nodules calcaires. Dans l'un de ces nodules j'ai trouvé une Ammonite discoïde à tours nombreux, à grand ombilic; la coquille est ornée de côtes simples qui s'infléchissent un peu vers l'avant en passant par la région ventrale sans s'y interrompre. Ces caractères sont, *a priori*, ceux de genres d'Ammonites jurassiques, voire liasiques.

2° *Dans la province d'Espahan*, j'ai parcouru la vallée de Zayendeh-Roud creusée sur une grande étendue dans les formations schisteuses et les roches basiques métamorphiques et éruptives de la zone qui nous occupe. Les schistes sont par endroits recouverts par de petites bandes de calcaires crétacés transgressifs. De l'aval vers l'amont, j'ai trouvé dans les schistes les gisements suivants :

a. Sur la rive gauche, vis-à-vis du village Kalleh supérieur (non loin du pont Kalleh), j'ai recueilli, en cassant les schistes ardoisiers siliceux, une Ammonite aplatie à tours nombreux et à côtes falciformes. La région ventrale ne se voit pas sur l'échantillon.

b. Au-dessus du village Madresseh, le long de la route, j'ai reconnu dans les schistes facilement débitables deux plantes fossiles et des petites *Posidonomya*.

c. *A Tangué Tcham Kalbi*, entre deux villages : Tcham Asséman et Bagh Bahadoran, les schistes ressemblent aux phyllites de Hamadan. A leur partie supérieure j'ai trouvé deux petites Ammonites et des *Posidonomya* en quantité abondante. Ces Posidonomyes, à côtes fines, se rapprochent de certaines variétés de *P. alpina* A. Gras.

d. Plus loin, j'ai trouvé en plusieurs autres endroits des *Posidonomya* mal conservées.

Conclusion. — La zone la plus interne du Zagros, considérée par les géologues anglais comme uniquement paléozoïque, est essentiellement d'âge mésozoïque. J'y ai trouvé deux Ammonites à caractères jurassiques, des Posidonomya se

---

([2]) *Eclogæ geologicæ Helvetiæ*, vol. 37, n° 1, pp. 37-81, juin 1944.

rapprochant de *P. alpina* et des plantes fossiles. Cette zone renferme en outre de petites écailles paléozoïques à faciès calcaire dans lesquelles les géologues anglais ont trouvé un gisement à *Orionastrea*.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Mesure des diamètres des gouttelettes d'un nuage.* Note de MM. **Edmond Brun**, **Lucien Demon** et **Marcel Vasseur**, présentée par M. Henri Villat.

1. Le procédé de captation mécanique des gouttes qui consiste à les recevoir sur une lamelle enduite d'huile et placée perpendiculairement au vent ([1]), donne une loi de répartition statistique fausse, même pour des brouillards à grosses gouttes et des vitesses relatives assez fortes.

Les méthodes graphiques antérieurement décrites ([2]) nous ont permis d'estimer que, sur une lamelle de 4^{cm} de largeur et pour une vitesse de vent de 5 m/s (donc, relativement élevée), le coefficient de captation est de 0,7 pour des gouttes de 40^{μ}; de 0,5, pour des gouttes de 30^{μ}; de 0,2, pour des gouttes de 20^{μ}; de 0,05 pour des gouttes de 10^{μ}. Le rapport du nombre de gouttes de 40^{μ} au nombre de gouttes de 10^{μ} est donc environ 14 fois plus grand sur la plaque que dans le brouillard, dans les conditions précédentes.

2. C'est la raison pour laquelle une méthode de captation électrique a été utilisée ([1]). Son étude systématique récente a permis de vérifier qu'elle conduit à des résultats sûrs, à condition cependant qu'un certain nombre de précautions soient prises (préparation d'une huile saturée d'eau, faible durée de la précipitation, etc.). De toute façon, sa mise en œuvre est délicate et demande la présence d'un expérimentateur averti.

3. Cependant, l'étude dimensionnelle de la captation mécanique ([2]) montre que le coefficient de captation tend vers l'unité quand la largeur de l'obstacle tend vers zéro, et l'expérience confirme ce résultat. Par exemple, pour un fil très fin, dont le diamètre est de l'ordre de grandeur de celui des plus fines gouttelettes, le coefficient de captation est égal à 1. Ainsi, se trouverait justifiée la méthode, utilisée par certains expérimentateurs, qui consiste à capter les gouttelettes de brouillard par des fils de certaines araignées (jeunes épeires), fils dont le diamètre est de l'ordre du micron.

En fait, il est impossible d'avoir un réseau serré de fils d'araignée, la toile d'araignée telle qu'on la rencontre dans la nature étant inutilisable : d'une part, en effet, tous les fils de la toile ne sont pas dans un même plan et l'observation au microscope est alors difficile; d'autre part, ces fils sont recouverts d'une substance gluante qui rend les manipulations difficiles.

4. L'un de nous (L. Demon) est parvenu, par des essais méthodiques, à

([1]) M. Pauthenier et E. Brun, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1081.
([2]) E. Brun et M. Vasseur, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 636.

réaliser un réseau serré de fils très fins permettant une captation mécanique pratiquement aussi bonne que la captation électrique.

Une solution de plexiglas dans l'aniline ayant la consistance de la glu est placée sur du papier Canson. En appliquant un doigt sur le papier et en le retirant ensuite, on étire une centaine de fils à la fois. On déplace un anneau dans le faisceau de fils tendus entre le papier et le doigt; les fils, encore gluants, adhèrent à l'anneau. En répétant cette opération une dizaine de fois, on obtient un réseau de fils, distants les uns des autres de quelques microns, le diamètre des fils étant de l'ordre du micron.

Les gouttes ne s'étalent pas sur les fils; même si elles touchent plusieurs fils à la fois, elles restent sphériques. L'insolubilité du plexiglas dans le gas-oil ou l'essence permet d'utiliser le réseau pour l'étude de brouillards de combustibles liquides.

La méthode, très simple et très rapide, permet de photographier plusieurs centaines de gouttelettes, sans qu'il se soit écoulé, entre le prélèvement et la photographie, plus d'une dizaine de secondes.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur la découverte d'un type nouveau de Cyathéacée dans le terrain albien de la Meuse.* Note (¹) de M. AUGUSTE LOUBIÈRE, présentée par M. René Souèges.

L'échantillon de cette Filicinée mésozoïque provient des sables verts du bois de Lavoye, roches qui forment le faciès local de l'Albien inférieur dans l'Argonne. C'est un fragment caulinaire, dépourvu de structure conservée, mais dont l'aspect présente avec les Protoptéridées les plus grandes analogies.

La dénomination générique de *Protopteris*, adoptée d'abord par Sternberg, s'applique à des troncs de Fougères arborescentes fossiles assimilables à ceux des Dicksoniées et caractérisés par des coussinets pétiolaires montrant une cicatrice vasculaire hyppocrépique simple, étranglée vers le milieu et comme trilobée. Cette cicatrice est marquée de telle manière, sur le sommet du coussinet, que sa partie convexe est toujours dirigée vers le bas, tandis que les branches, courbées en dedans aux deux extrémités, sont constamment tournées vers le haut. Le coussinet foliaire est lui-même décurrent et, sur son pourtour, on remarque des cicatricules, diversement distribuées, qui se rapportent aux traces d'insertion laissées par les radicules adventives. Le nombre limité, la disposition de ces cicatricules radiculaires et surtout la forme générale, très variable, de la lame vasculaire du pétiole sont les meilleurs et les plus sûrs caractères de la détermination spécifique. La première espèce décrite par l'auteur du genre sous le nom de *Protopteris punctata*, appelée

(¹) Séance du 19 mai 1947.

aujourd'hui *P. Sternbergii* Corda, avait été d'abord attribuée au Carbonifère. Depuis, Geinitz a reconnu qu'elle appartient en réalité au Quadersandstein ou Cénomanien. Le type le plus ancien est le *P. Witteana* Schenk, du Wealdien, car le *P. peregrina* Newberry, du Dévonien, ne fait pas partie de ce genre.

Il est donc permis d'affirmer que toutes les Protoptéridées signalées jusqu'à présent, représentent des tiges de Cyathéacées fossiles, et qu'elles se rapportent sans ambiguïté à cet horizon du Crétacé qui va du Wealdien jusqu'au Cénomanien.

Le type que nous allons décrire fournit un nouvel argument à l'appui de cette extension verticale des *Protopteris*, lors de l'Infracrétacé. Il est représenté par un exemplaire résultant d'un moulage par remplissage de la cavité laissée par le sédiment en voie de formation par la tige elle-même, après sa destruction. C'est un tronçon cylindroïde (*fig.* 1 et 2), long de 15^{cm} environ, tronqué,

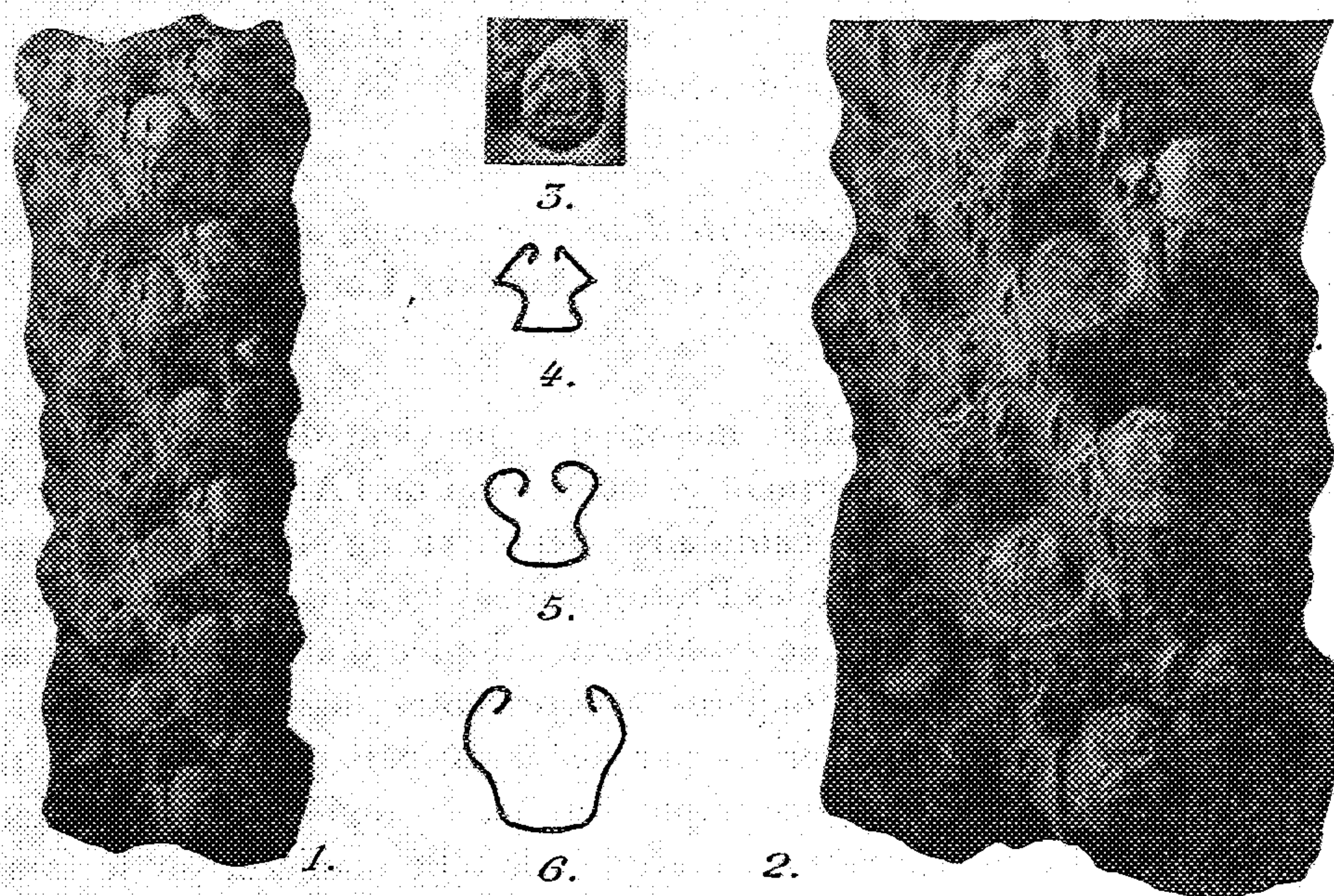


Fig. 1. *Protopteris Meunieri* Loub., échantillon réduit de moitié. — Fig. 2. Portion inférieure du tronçon de tige en grandeur naturelle. — Fig. 3 et 4. Faisceaux foliaires du même. — Fig. 5. Faisceau foliaire du *P. Wohlgemuthi* (reproduction d'après Fliche). — Fig. 6. Faisceau foliaire du *P. Buvignieri*, d'après l'exemplaire déterminé par Brongniart (*Fig.* 3, gr. nat., *fig.* 4, 5, 6, gross. $^{2}/_{1}$).

mesurant de 45 à 50^{mm} de diamètre. Toute la surface est occupée par des coussinets d'une parfaite régularité, largement séparés et disposés en rangées spiralées; leur partie décurrente est assez longue, antérieurement saillante et surmontée par un disque convexe. Chacun des coussinets circonscrit une aire ovale ou arrondie présentant une cicatrice vasculaire trilobée, à lobes aplatis, et dont les extrémités, très courtes et rapprochées, sont brusquement incurvées. Cette cicatrice, que l'on observe sur la plupart des coussinets, se

montre, en particulier, d'une manière très nette sur un fragment de contre-empreinte (*fig.* 3), qui accompagne l'échantillon. A la base des pétioles, on remarque quelques cicatrices radiculaires. Nos figures font voir qu'elles sont irrégulièrement distribuées sur la déclivité des coussinets; on en compte d'ordinaire 7 à 10.

En résumé, la physionomie du tronçon de tige en question et tous ses détails superficiels indiquent un *Protopteris*. La forme de la trace vasculaire, à lobes aplatis, le distingue de toutes les Protoptéridées actuellement connues, chez lesquelles les lobes de cette cicatrice sont arrondis, convexes en dehors. On peut dire encore que les portions rentrantes des branches latérales du faisceau foliaire, si caractéristiques du genre, sont moins allongées, moins recourbées chez notre exemplaire que chez les deux espèces rencontrées jusqu'à présent dans l'Albien de l'Argonne, le *P. Wohlgemuthi* Fliche (*fig.* 5) de la Meuse et le *P. Buvignieri* Brongniart (*fig.* 6) des Ardennes.

Aucune autre forme fossile, en dehors des *Protopteris*, ne saurait être confondue avec l'échantillon de Lavoye, ni en être rapprochée avec vraisemblance. C'est pourquoi j'ai pensé le distinguer spécifiquement et je lui ai donné le nom de *Protopteris Meunieri*, en mémoire de son découvreur, le regretté Dr Meunier, qui fut boursier du Muséum.

Protopteris Meunieri (*fig.* 1-4). — P. caudice tereti, elato, diametro 4 1/2-5 centim. metiente; pulvillis prominentibus, remotis, in series spiraliter dispositis undique ornato, cicatricibus obovatis vel subrotundis partem eorum superiorem occupantibus; vasorum fasciculo trilobato, lobis planis insignitis; cornubus admotis, brevissimis, intus abrupte inflexis; cicatriculis radicellarum adventitiarum super declivitate cujusque pulvilli, circiter 7-10, irregulariter distributis.

Dépôts albiens du bois de Lavoye (Meuse).

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Structure du nœud foliaire des Magnoliacées et des Anonacées.* Note (1) de M. **Paul Ozenda**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La plupart des anatomistes s'accordent à attribuer à la disposition de l'appareil libéro-ligneux au niveau de l'insertion du pétiole, c'est-à-dire au mode de raccord du système conducteur de la feuille à celui de la tige, une valeur systématique et phylogénique de premier ordre. Acqua et surtout Sinnot (2) ont distingué chez les Dicotylédones trois types, dits uni-, tri-, ou multilacunaire, suivant que les faisceaux foliaires, en se séparant de la stèle de la tige ou du rameau, y ménagent une, trois ou plus de trois *lacunes foliaires*. Sinnot a indiqué les grandes lignes de la répartition de ces trois types dans les

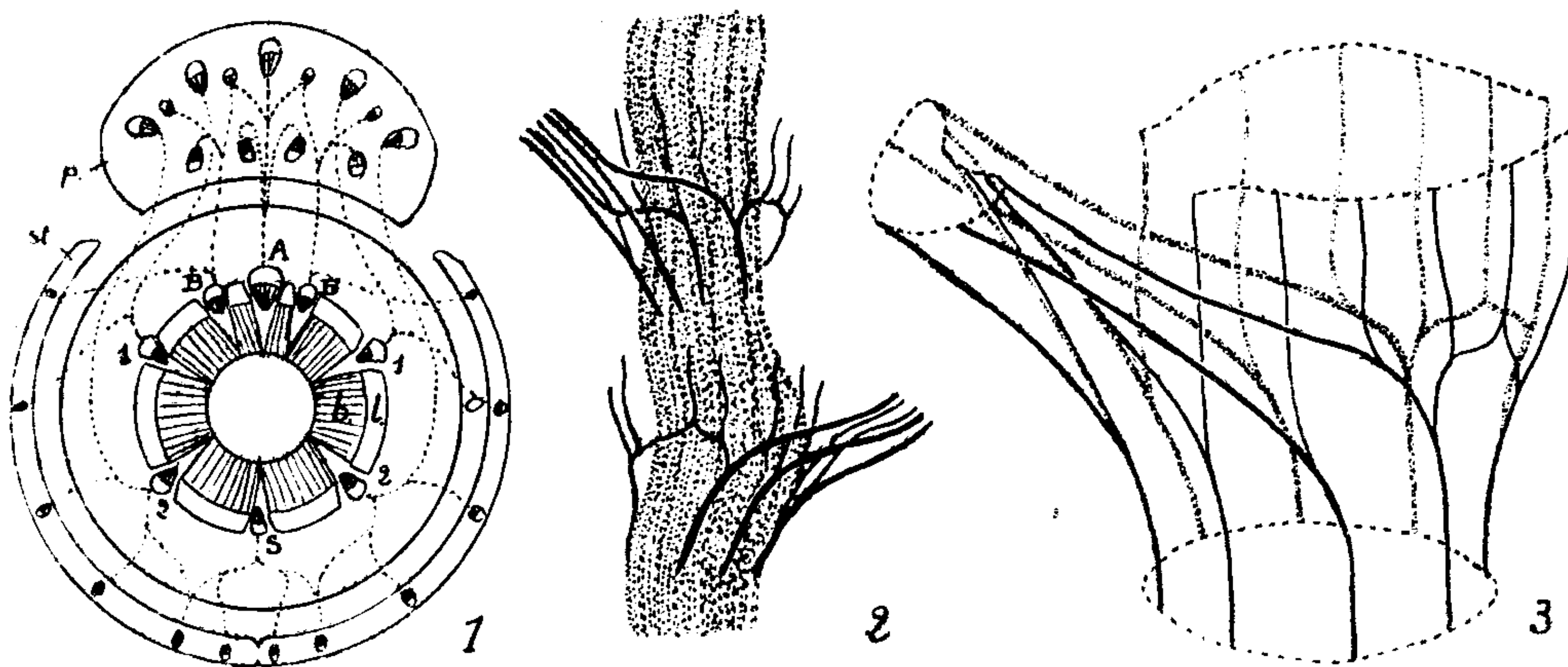
(1) Séance du 19 mai 1947.

(2) *Amer. Journ. of Bot.*, 1, 1914, p. 303.

principales familles; il considère le nœud trilacunaire comme primitif, l'unilacunaire comme évolué, le multilacunaire comme indiquant peut-être un mode particulier d'évolution.

Par suite de l'absence ou de l'imprécision de documents relatifs aux groupes d'Angiospermes dits primitifs, nous avons étudié en détail une soixantaine d'espèces, dont 21 Magnoliacées et 15 Anonacées.

A. *Magnoliacées* (*sensu stricto : Magnolia* et genres voisins). — Chez *Liriodendron tulipifera*, huit faisceaux émergent de la stèle du rameau. Le plus volumineux A et la paire B située de part et d'autre (voir figure) forment en se



Liriodendron tulipifera. 1, schéma, en projection plane, de la structure nodale : *b*, bois; *l*, liber de la tige; *st*, stipules; *p*, pétiole; autres légendes dans le texte. — 2, dessin d'après nature (simplifié) de deux nœuds, après éclaircissement; en pointillé la stèle du rameau, en trait plein les faisceaux nodaux (pour chaque nœud seule a été représentée la moitié, droite ou gauche. — 3, ensemble d'un nœud vu en perspective (la stèle est supprimée et le pétiole simplifié).

ramifiant la partie centrale des arcs dorsal et ventral de la couronne de faisceaux que contient le pétiole; les paires de faisceaux latéraux 1 et 2, après un trajet horizontal dans l'écorce de la tige, forment les parties latérales de cette même couronne et envoient en outre des ramifications vers les stipules où pénètre de son côté, après s'être ramifié, le huitième faisceau S.

La disposition est très constante, dans tous ses détails, d'un échantillon à l'autre d'une même espèce; elle est de plus très voisine dans les cinq genres, seuls varient le nombre de paires latérales (*Manglietia* et *Talauma* 3, *Magnolia* 3 ou 2 suivant les espèces, *Liriodendron* 2, *Michelia* 1) et le degré de ramification des faisceaux A et B. Les *Manglietia*, certains *Magnolia* (*macrophylla*, *tripetala*, *auriculata*), que la morphologie de la fleur paraît désigner comme les types les plus primitifs, présentent le maximum de complication et la couronne pétiolaire comprend jusqu'à trente faisceaux; par contre le genre *Michelia*, qui par plusieurs caractères morphologiques et histologiques, apparaît comme le plus évolué, possède le nœud le plus simple.

B. *Anonacées*. — Les espèces étudiées se répartissent entre les six tribus

d'Anonacées. Chez toutes, le nœud foliaire a la même structure; un faisceau médian, trifurqué peu après sa sortie de la stèle, et une paire de faisceaux latéraux très écartés et rejoignant le pétiole après un trajet à peu près horizontal. Chez *Anona* et plusieurs autres genres, la base du pétiole contient ainsi cinq faisceaux disposés en un arc, réduits à trois plus haut par suite de soudures. Chez *Uvaria uncata*, par contre, les faisceaux nodaux se divisent et forment dans le pétiole une couronne complète par un processus qui rappelle nettement les Magnoliacées.

Dans le genre *Eupomatia* (*E. laurina*), autrefois placé dans les Anonacées dont il a l'albumen ruminé, puis séparé pour former une famille distincte d'Anonales, le nœud comporte sept faisceaux émergents, et se rapproche donc plutôt de celui des Magnoliacées que de celui des Anonacées. L'étude histologique du bois de ce genre a d'ailleurs conduit Lemesle ([3]) à la même conclusion. La périgynie de la fleur a parfois fait rapprocher *Eupomatia* des Monimiacées, mais le nœud est unilaculaire chez toutes les Monimiacées que nous avons examinées.

En résumé, la structure nodale est très homogène dans chacune des deux familles. Dans les Anonacées, elle apparaît comme relativement simple, probablement primitive, et voisine du cas des Wintéracées, des Dilléniacées et de diverses Rosacées. Celle des Magnoliacées (et des Eupomatiacées) est au contraire plus compliquée. Son interprétation est délicate : le nœud multilacunaire se rencontre en effet dans des groupes généralement regardés comme spécialisés (Ombellifères, Araliacées, Pipéracées); comme nous avons d'autre part observé ([4]) un certain degré de syncarpie dans le pistil des Magnoliacées, faudrait-il faire quelques réserves sur le caractère archaïque de cette famille? Si, au contraire, comme il a été indiqué plus haut, l'évolution de la structure nodale semble se faire ici dans le sens d'une simplification, le nœud complexe de *Manglietia* serait alors un caractère archaïque de plus à l'actif des Magnoliacées, non homologue du nœud des Ombelliflores.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les conditions photopériodiques et thermopériodiques des divers modes de floraison des Violettes* Viola hirta *L.* *et* silvestris *Lam.* Note de M. **Pierre Chouard**, présentée par M. Louis Blaringhem.

On sait que beaucoup d'espèces de Violettes produisent en été des petites fleurs closes, cléistogames, qui succèdent aux fleurs ouvertes et colorées, chasmogames, apparues au printemps. Garner et Allard ont montré, chez une

---

([3]) *Revue gén. de Bot.*, **50**, 1938, p. 693.

([4]) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 31.

espèce cultivée d'origine américaine, *Viola papilionacea* Pursh., que les fleurs cléistogames naissaient en jours longs et les fleurs chasmogames en jours courts ([1]). En étudiant systématiquement les réactions photopériodiques des plantes vivaces ([2]), j'ai eu l'occasion de mettre en évidence les relations entre cette particularité de la biologie florale des violettes et les rythmes d'éclairement et aussi de températures chez deux espèces sauvages d'Europe, *Viola hirta* L. et *V. silvestris* Lam.

Voici le résumé des résultats expérimentaux obtenus depuis bientôt 3 cycles annuels de végétation (fin de l'hiver 1945 à fin du printemps 1947), au terrain d'essai du Laboratoire d'Agriculture du Conservatoire National des Arts et Métiers, à Colombes (Seine), dans six conditions différentes :

I. *Témoin. — Éclairement des jours naturels* (variant d'environ 16 heures par jour en juin-juillet, à 8 heures en décembre-janvier). *Température variable du plein air* (froid et gel en hiver, température tiède ou chaude en été) : poussée de fleurs *chasmogames* au début d'avril chez *hirta*, en avril-mai chez *silvestris*, suivie de fleurs *cléistogames* jusqu'en août-septembre. Feuilles dressées, détruites l'hiver par le gel, repoussant en mars.

II. 8 *heures d'éclairement* (naturel) par jour, 16 heures d'obscurité. *Température variable du plein air* (froid et gel en hiver, à l'abri cependant la nuit dans un sous-sol non chauffé) : poussée de fleurs *chasmogames* (un peu pâles) en avril, *sans aucune autre sorte de floraison ensuite*. Feuilles à pétiole court, plutôt défléchi, détruites l'hiver par l'insuffisance d'éclairement et par le gel, repoussant en mars.

III. 8 *heures d'éclairement* (comme II). *Température toujours tiède* (rentrée *en serre* à 12-15°C. du début d'octobre à mai). — *Aucune floraison*. Feuilles comme II, détruites l'hiver pendant les jours les plus sombres, en même temps que repoussent de nouvelles feuilles.

IV. 16 *heures d'éclairement* (8 heures de jour naturel, prolongé le soir par 8 heures d'appoint d'environ 75 lux par lampe à incandescence en local clos). *Température variable du plein air* (comme II). — Ne produisent *que des fleurs cléistogames*, d'avril à décembre. Végétation suspendue par le froid en hiver. Feuilles à pétioles longs, dressées, détruites par le froid en hiver, repoussant en mars, suivies aussitôt de la floraison cléistogame.

V. 24 *heures d'éclairement* (tout le jour naturel, avec appoint d'environ 75 lux toute la nuit). *Température variable du plein air* (sans abri la nuit, comme I). — Ne produisent *que des fleurs cléistogames* d'avril-mai à novembre. Même végétation qu'en IV, interrompue plus complètement en hiver par le gel.

VI. 24 *heures d'éclairement* (comme V). *Température toujours tiède* (comme III). — *Floraison cléistogame ininterrompue*, 12 mois sur 12. Plantes

---

([1]) *U. S. Yearbook of Agric.*, 1920, p. 377; *Journ. of Agr. Res.* **23**, 1923, pp. 880-881.
([2]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1174; *Bull. soc. Bot. de Fr.*, décembre. 1946.

toujours feuillées à feuilles dressées, jamais détruites en bloc par le froid ni par l'insuffisance de lumière, se remplaçant peu à peu à la fin de l'hiver.

En conclusion : en journée longue ou même continue, *V. hirta* et *V. silvestris* produisent indéfiniment des fleurs cléistogames, tant que la température permet une végétation active, c'est-à-dire sans interruption en serre, ou aussitôt après la poussée des feuilles qui se reforment après les gelées d'hiver en plein air. Les dates d'apparition des fleurs cléistogames aux jours naturels montrent que *V. silvestris* exige des jours un peu plus longs (14^h environ) que *V. hirta* (12-13^h) pour former des fleurs cléistogames. En jours courts (8^h), ces deux iolettes forment des fleurs chasmogames mais seulement si elles ont subi une période de froid. A température constamment tiède, elles ne poussent aucune fleur; une alternance de températures à rythme annuel est ici nécessaire à ce mode de floraison. Ces réactions sont différentes de celles du *V. papilionacæ* qui semble se passer d'un tel besoin de thermopériodicité. Elles sont également différentes de celles des Violettes à floraison chasmogame de fin d'été (comme *V. arborescens* L.) et montrent, dans ce genre de plantes, un matériel à exigences largement différenciées pouvant ouvrir de nouvelles voie d'accès aux recherches sur le déterminisme de la floraison.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *L'excitation des chimiorécepteurs de la langue par les substances du groupe des narcotiques indifférents et la règle thermodynamique de la narcose.* Note (1) de MM. **Pierre Gavaudan**, **Marcel-Paul Schutzenberger** et M^{lle} **Hélène Poussel**, transmise par M. Robert Courrier.

Nos recherches sur les différents phénomènes produits par les narcotiques indifférents (2) nous ont conduits à penser avec Taylon (3) que l'excitation nerveuse provoquée par les substances sapides n'est qu'une des manifestations de leur activité pharmacodynamique générale et doit obéir aux mêmes règles. Pour vérifier cette hypothèse de travail, il nous a paru intéressant de confronter les phénomènes de narcose, de mito-inhibition et les phénomènes d'excitation que provoquent les narcotiques indifférents. Nous avons groupé dans le tableau suivant, pour une série de substances aliphatiques et aromatiques, les seuils d'activité thermodynamique de l'excitation des terminaisons nerveuses chimiosensibles de la langue humaine [essais des auteurs (4)] et les valeurs d'activité pour lesquelles on observe l'excitation du muscle de sangsue [série aromatique : essais des auteurs; série aliphatique : Joachimoglu (5)], la

(1) Séance du 12 mai 1947.

(2) P. Gavaudan, M. Dode et H. Poussel, *Mémor. des Industr. chim. de l'État*, 31, 1944.

(3) *Protoplasma*, 4, 1928, pp. 1-17.

(4) Les valeurs d'activité thermodynamiques sont grossièrement assimilées au quotient : concentration active/concentration saturante (*Bioch. Zeits.*, 156, 1925, pp. 224-235).

(5) *Die Narkose*, Iéna, 1901, p. 82.

narcose du têtard de Grenouille [Overton (6)] ou du Poisson [Joachimoglu (7)] et la mito-inhibition (2).

	Saveur.		Contractions rythmiques du muscle de Sangsue.	Narcose (Têtard).	Mito-inhibition (racine de blé).
Benzène	brûlante	0,20	0,05	0,10	0,30
Nitrobenzène	sucrée	0,20	–	–	0,29
Anisol	amère	0,30	–	0,10	0,25
Acétophénone	»	0,20	0,10	–	0,40
Chlorobenzène	brûlante	0,50	–	–	0,28
Chloroforme	sucrée	0,025	0,06	0,01	0,10
Éther éthylique	amère	0,020	0,05(7)	0,13	0,20
Alcool éthylique	»	0,015	–	0,020	0,046
Hydrate de chloral	»	0,0005	–	0,00025 poisson	0,0001
Dichloréthane	sucrée	0,10	0,030	0,023	–
	amère	0,30	–	–	–
Tétrachloréthane	sucrée	0,20	0,20	0,017	
	amère	0,10			

Nous résumerons ainsi les résultats : 1° l'excitation sapide se produit pour des valeurs d'activité comprises en général entre 0,01 et 1, c'est-à-dire dans la marge des narcotiques indifférents. L'hydrate de chloral, comme dans la mito-inhibition, montre une valeur anormalement basse; 2° les substances se classent ainsi; *a*, celles ne donnant qu'une sensation sucrée ou amère respectivement à la pointe de la langue ou au V lingual : *b*, celles donnant, avec la même localisation, les deux sensations; *c*, celles ne donnant pas de sensation sapide, mais une sensation d'irritation relevant du sens chimique commun.

De ces constatations on peut tirer les conclusions suivantes destinées à orienter les recherches ultérieures : 1° il existe un net parallélisme entre l'excitation sapide et diverses actions pharmacodynamiques, ce qui laisse supposer une identité de causes; 2° la règle thermodynamique (2) indique que, comme dans le cas de la narcose, les lipoïdes jouent un rôle dans la gustation. La spécificité des actions *dulcigène* et *amarogène* d'un même narcotique indifférent pourrait s'expliquer par des différences de solubilité dans les réceptemrs considerés. Une étude thermodynamique s'appliquant à de très nombreuses substances et faite au moyen de données physico-chimiques expérimentales permettant de déterminer plus exactement les activités thermodynamiques, permettrait de préciser ce point et de décider si la liposolubilité est le seul facteur ou s'il faut tenir compte avec Renqvist (8) de l'adsorption ou encore des particularités

(6) *Bioch. Zeits.*, 120, 1921, pp. 203-211.
(7) P. Dodel et G. Dastugue, *Bull. Sc. Pharmacol.*, 44, 1937, pp. 145-155.
(8) *Ueber den Geschmack* (*Skand. Arch. f. physiol.*, 38, 1919, pp. 97-201).

stériques des molécules; 3° il faudra définir le rapport existant entre les excitations sapides engendrées par les ions métalliques, les sucres, les alcaloïdes et les narcotiques indifférents. Il semble vraisemblable que le chlorhydrate basique de quinine et l'acétophénone, par exemple, dont les seuils respectifs d'amertume exprimés en activité thermodynamique sont de 0,00002 ([9]) et 0,30 n'agissent pas de la même façon; on peut penser qu'il existe ici, comme dans la narcose, une pluralité de mécanismes pouvant déclencher une même réaction cellulaire.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur la croissanee relative de l'encéphale des Mammifères.* Note ([1]) de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

Si la relation existant, chez les Vertébrés adultes, entre le poids de l'encéphale et le poids du corps a fait l'objet de nombreuses études, les variations du poids relatif de l'encéphale au cours de la croissance semblent avoir peu attiré l'attention. Utilisant les données des auteurs et de nombreuses observations personnelles, j'ai pu préciser, sur l'Homme et divers Mammifères domestiques, les lois de la croissance allométrique (*hétérauxèse*) de l'encéphale, au cours de la période fœtale et de la vie post-embryonnaire.

Dans toutes les espèces étudiées, l'encéphale présente deux phases successives de croissance allométrique, nettement délimitées par un stade critique correspondant à un abaissement brusque du coefficient α de la relation $E = K. P^{\alpha}$. (E, masse de l'encéphale; P, masse totale du corps).

Ce stade critique de la croissance de l'encéphale, — dont la signification physiologique, vraisemblablement identique dans toutes les espèces, reste à préciser, — coïncide avec la naissance chez le Veau, le Mouton, la Chèvre, le Porc, le Cobaye, tandis qu'il se situe dans les premiers temps de la vie post-embryonnaire chez le Rat, la Souris, le Lapin (10 jours), le Chat (6 semaines), le Lion, le Tigre et l'Homme (18 mois environ). Il est souvent associé aux stades critiques de la croissance allométriques d'autres organes. Je désignerai sous les noms de phase *principale* et phase *terminale* les deux périodes de la croissance encéphalique qui sont séparées par ce stade critique.

Pour le Lapin et le Cobaye, j'ai pu disposer de jeunes fœtus de poids compris entre 10^{mg} et 1^{g}, qui m'ont révélé l'existence d'une phase antérieure aux précédentes, que j'appellerai phase *primordiale* de la croissance encéphalique, et qui doit avoir son équivalent dans les autres espèces. Elle est carac-

---

([9]) Calculé d'après un seuil indiqué par E. von Skramlik, *Physiologie des Geschmackssinnes* (*Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie*, II, Berlin 1926, p. 382).

([1]) Séance du 19 mai 1947.

térisée par une allométrie majorante, correspondant à un coefficient α supérieur à celui de la phase principale.

La comparaison des caractéristiques des deux périodes, principale et terminale, de la croissance encéphalique chez les divers Mammifères appelle plusieurs remarques. Les lignes représentatives des phases principales du Veau et du Mouton sont pratiquement confondues, tandis que celles des phases terminales sont seulement parallèles, se détachant de la ligne fœtale commune pour un poids corporel plus élevé chez le Veau que chez le Mouton. Les mêmes relations paraissent exister entre les divers Félidés, Chat, Lion, Tigre, comme entre l'Homme et les autres Primates. Les affinités systématiques s'expriment dans ce cas par l'identité de la loi régissant la croissance relative de l'encéphale durant sa période principale d'accroissement.

Des divergences plus importantes du plan de croissance peuvent s'observer entre familles différentes. Chez le Chien et le Chat, les deux phases sont représentées par des lignes qui sont seulement parallèles : les coefficients α sont identiques dans les deux espèces; la divergence porte sur les indices K, à l'avantage du Chat pour la phase principale, du Chien pour la phase terminale.

Si l'on compare les adultes de diverses races de Chien différant considérablement par leur taille, les points figuratifs se placent sensiblement sur la droite de pente $\alpha = 0,24$ qui représente la phase terminale de la croissance encéphalique. Les degrés différents de céphalisation des adultes des diverses races semblent donc pouvoir être attribués à des variations dans l'étendue de la phase terminale de la croissance. Dans toutes les espèces de Mammifères, le coefficient allométrique α de la phase terminale de la croissance encéphalique est toujours faible et voisin de 0,25, c'est-à-dire de la valeur proposée par Lapicque pour représenter les variations intraspécifiques chez les adultes.

Le coefficient allométrique de la phase *principale* présente au contraire, suivant les ordres, des variations significatives. Il est égal à 0,65 chez le Cobaye, à 0,7 chez le Lapin, 0,8 chez les Ruminants, 0,9 chez les Carnivores, 0,92 chez l'Homme, à 1 chez le Porc.

L'encéphale des Primates ne détient donc pas le record de la croissance allométrique. S'il demeure cependant, à tous les stades de la croissance, plus lourd que celui de tous les autres Mammifères pris au même poids corporel, il le doit à la valeur élevée de l'indice K de la phase principale de sa croissance, c'est-à-dire au poids relatif considérable déjà acquis au début de cette phase : le haut degré de céphalisation des Primates comparés aux autres Mammifères est, avant tout, le fait de la croissance *primordiale* de l'encéphale.

BIOPHYSIQUE. — *Sur la variation de l'intensité et de la polarisation de la lumière diffusée par des suspensions de gomme-gutte.* Note (1) de M^lle **Sylvanie Guinand** et M. **Jacques Tonnelat**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'objet de notre travail est de déterminer la forme et les dimensions des molécules de protéine, en nous inspirant de la théorie de G. Mie (2) et de Lord Rayleigh (3), des travaux de R. S. Krishnan (4) et de ses élèves, et plus récemment des résultats de P. Debye (5) et Doty (6).

Mais il nous a paru nécessaire d'étudier d'abord les particules sphériques dont on connaissait déjà le diamètre; nous avons employé des suspensions aqueuses de gomme gutte. L'une d'elle avait été calibrée par Jean Perrin, les autres l'ont été par nous et rendues homogènes par centrifugations fractionnées.

Nous avons construit un appareil qui permet de mesurer, suivant l'angle du rayon diffusé avec le rayon incident, les variations d'intensité et l'état de polarisation de la lumière diffusée par une suspension colloïdale ou une solution, qu'on éclaire soit en lumière naturelle, soit en lumière polarisée.

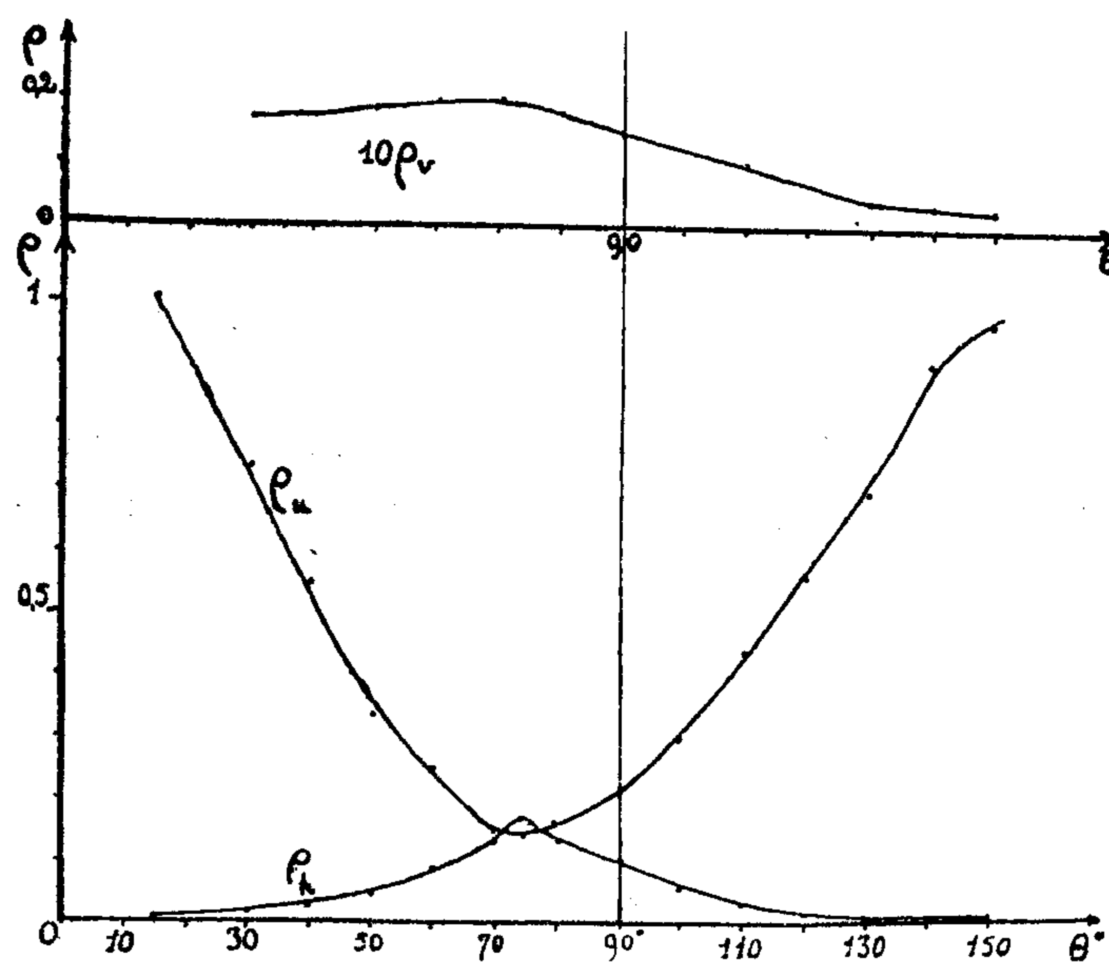


Fig. 1.

Étude de la dépolarisation. — Le facteur de dépolarisation ρ a été mesuré dans

(1) Séance du 12 mai 1947.
(2) *Ann. Phys.*, **25**, 1908, p. 377.
(3) *Phil. Mag.*, 35, 1918, p. 373.
(4) *Proc. Ind. Acad. Sc.*, **7**, A, 1938, p. 21.
(5) *Faraday Soc. Trans.* (sous presse).
(6) *Faraday Soc. Trans.* (sous presse).

le cas d'une lumière incidente naturelle (ρ_u), polarisée verticalement (ρ_v) et horizontalement (ρ_h); on a fait varier l'angle d'observation θ dans un plan horizontal de 30 à 150° (*fig.* 1).

Pour toutes les solutions, ρ_v est faible (inférieur à 0,04), augmente avec la grosseur des particules et décroît quand θ augmente. La courbe $\rho_h = \varphi(\theta)$ présente un maximum qui se déplace lorsqu'on fait varier la grosseur des particules, ainsi que le montrent la figure 2 et le tableau suivant :

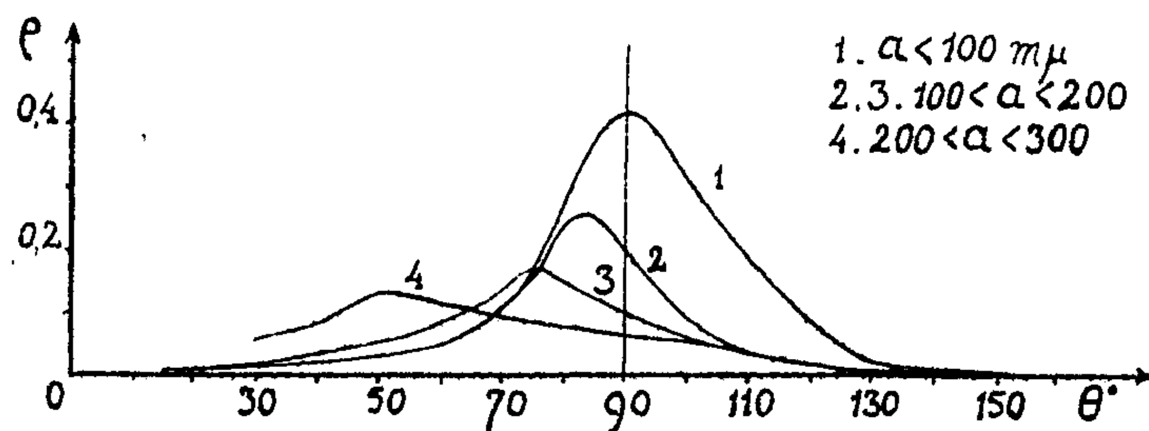


Fig. 2.

Diamètre des particules.	*Valeur de θ pour le maximum.*
$a < 100\,\text{m}\mu$	90°
$100 < a < 200$	80-85
	75
$200 < a < 300$	50
$a \approx 300$	40
$a > 300$	20

Pour les suspensions diluées la valeur de ce maximum augmente lorsque le diamètre des grains diminue. Pour des concentrations suffisamment élevées

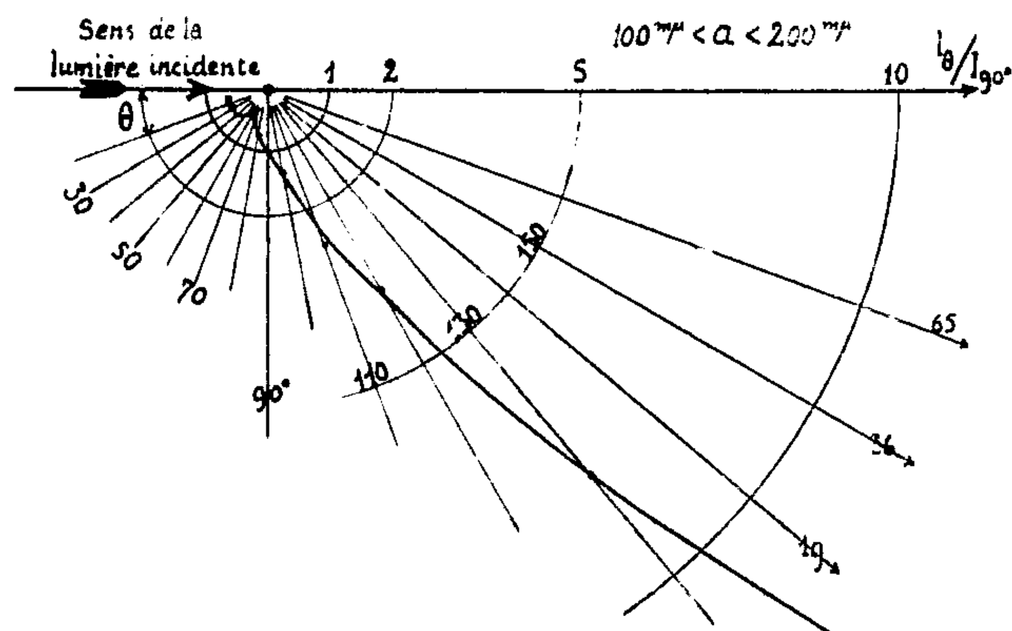


Fig. 3.

(de l'ordre de 45 000 par millimètre cube pour des grains d'un diamètre de $0^{\mu},25$ à $0^{\mu},3$) la valeur du maximum augmente avec la concentration pour un diamètre donné.

La courbe $\rho_u = f(\theta)$ présente un minimum pour une valeur de θ qui décroît lorsque le diamètre augmente.

Étude de l'intensité. — Les suspensions étaient éclairées en lumière verte non polarisée. L'intensité diffusée I_θ dans une direction θ a été rapportée à l'intensité I_{90° prise arbitrairement pour unité.

Le rapport I_θ/I_{90° a un minimum inférieur à 1 pour une valeur de θ comprise entre 60° et 80°; il croît avec le diamètre des grains. La figure 3 montre la courbe obtenue avec des particules de diamètre compris entre 100 et $200^{m\mu}$.

Conclusion. — D'après les théories de Rayleigh et de Mie, Krishnan a montré que, dans le cas de particules isotropes, ρ_v et ρ_h doivent être constamment nuls. Or si dans nos expériences ρ_v est très faible, ce qui indiquerait que nos particules sont faiblement anisotropes et que leur anisotropie augmente avec leurs dimensions, ρ_h présente un maximum très notable pour une valeur de θ qui varie avec la grosseur des particules. Les courbes $\rho_u = f(\theta)$ ont un minimum qui se déplace conformément aux prévisions de Mie pour des particules diélectriques.

Quant à la distribution des intensités elle est qualitativement conforme aux travaux théoriques de Mie qui ne comportent aucun calcul numérique pour les particules diélectriques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Métabolisme de l'acétone et cycle citrique.* Note de MM. **Michel Polonovski** et **Paul Valdiguié**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le problème de l'utilisation métabolique de l'acétone par les organes des animaux supérieurs s'est posé depuis que l'on sait que cette cétone est un produit normal du catabolisme des acides β-hydroxybutyrique et acétylacétique et qu'elle ne s'accumule cependant pas dans l'organisme. Sa facile diffusion peut expliquer une élimination rapide par la voie pulmonaire ou rénale, mais la quantité ainsi éliminée ne suffit pas à rendre quantitativement compte de sa disparition.

L'acétone doit donc être l'objet de réactions propres. Les expériences que nous rapportons ici révèlent un tel métabolisme au contact d'un broyat de rein de Cheval, de testicule de Chat ou mieux d'un extrait de glandes surrénales de Chien et surtout de Bœuf, et permettent d'intégrer l'acétone dans le cycle tricarboxylique dont on connaît maintenant l'importance, depuis les travaux de Krebs et ceux de Breusch, tant au cours du métabolisme glucidique que lors de la dégradation des gras des lipides.

Si, en effet, nous mettons au contact d'un broyat ou d'un extrait aqueux au 1/5 de capsules surrénales (1 à 3^g), une quantité connue d'acétone (de 5 à 200^{mg}) en solution à 1 ou 2 ‰, en milieu de *tampon phosphatique* de pH 7,4, dans un récipient parfaitement bouché à l'émeri et paraffiné pour éviter toute

perte de composés volatils, et si nous portons le tout à l'étuve à 37° pendant 6 à 8 heures, une notable partie de cette acétone ne se retrouve plus à la fin de l'expérience.

L'acétone fut dosée dans ces essais et dans les essais témoins (soit non portés à l'étuve, soit soumis aux mêmes traitements en l'absence de broyat de capsules surrénales) par iodométrie ou potentiométriquement après déplacement de ClH du chlorhydrate d'hydroxylamine.

	Acétone du témoin.	Acétone retrouvée.	Disparition.
Surrénale de Bœuf..............	$7^{mg},0$	$3^{mg},8$	45,7 %
» »	$24^{mg},9$	$14^{mg},0$	43,7 »

Une partie de cette différence s'explique par la fixation de l'acétone (ou partiellement par sa réduction en propanol) sur le glutathion des tissus, ainsi que nous avons pu nous en assurer par l'action de solution pure de glutathion. Mais la majeure partie subit une série de réactions plus profondes, les unes anaboliques, les autres cataboliques, dont nous avons pu saisir quelques étapes intermédiaires.

C'est ainsi que nous avons pu mettre en évidence la formation d'une petite quantité d'acide citrique, caractérisée par l'isolement de citrate de calcium, et que nous avons dosée après transformation en pentabromacétone. Par ailleurs, nous avons aussi décelé, à côté de l'acide citrique, un peu d'acide acétonemono ou dicarboxylique (¹). Dans un essai portant sur $29^{mg},4$ d'acétone, nous n'avons retrouvé que $19^{mg},9$ de ce composé, mais nous avons pu doser $1^{mg},69$ d'acide citrique et $0^{g},93$ d'acide acétonedicarboxylique (ou acétylacétique).

La question qui se posait alors était de savoir si ces acides acétonemono ou dicarboxylique étaient une étape intermédiaire anabolique au cours de la synthèse de l'acide citrique à partir de l'acétone, par carboxylation directe, ou bien au contraire un produit de dégradation enzymatique de l'acide citrique. Ce dernier processus pouvait aussi être envisagé, car les broyats de capsules surrénales mis au contact de $0^{g},250$ de citrate de sodium en tampon phosphaté de pH 7,4, 6 heures à l'étuve à 37°, ont aussi fourni $9^{mg},2$ d'acétone et $0^{mg},8$ d'acide β-cétonique (calculé en acide acétonedicarboxylique).

Nous devons alors supposer une voie catabolique partant de l'acétone, ellemême passant par un dérivé acétylé (acide acétique ou acétylphosphate), qui entrerait dans le cycle tricarboxylique par condensation avec l'acide oxaloacétique contenu dans l'extrait surrénal.

En faveur d'une telle interprétation plaident : 1° la présence de petites quantités d'acide acétique retrouvé en fin d'expérience dans les essais portant sur

(¹) Il ne nous a pas encore été possible, dans ces essais, de différencier l'un de l'autre ces deux acides, car tous deux sont décarboxylés et bromés par l'eau de brome.

l'acétone; 2° l'accroissement de rendement en acide citrique à $2^{mg},6$ contre $1^{mg},8$ lorsqu'on ajoute à l'extrait de surrénales de l'acide oxaloacétique ($1^{cm^3},76$ d'une solution à 5 % pour $29^{mg},4$ d'acétone et 10^{cm^3} d'extrait au 1/5 de capsules surrénales); 3° le fait que l'acétate de sodium, mis à la place de l'acétone en présence d'extrait surrénal, conduit à un rendement analogue en acide citrique, également augmenté après addition d'acide oxaloacétique.

Cependant la carboxylation directe de l'acétone intervient peut être aussi, suivie de la synthèse de l'acide citrique à partir de l'acide acétonedicarboxylique ainsi formé, car la disparition de l'acétone est augmentée en tampon phosphaté additionné de CO_3NaH ou de CO_3Ca, ainsi qu'en présence de carboxylase végétale, extraite des racines de pois fraîchement germés, surtout après addition d'aneurine; enfin le rendement en acide citrique, à partir de quantités à peu près équimoléculaires d'acétone ($22^{mg},8$), d'acide acétylacétique ($47^{mg},8$) ou d'acide acétonedicarboxylique (60^{mg}), s'élève progressivement de 1,7 à 3,4 et $6^{mg},2$.

Il ne nous est pas encore possible de savoir laquelle des deux voies l'acétone suit réellement au cours de nos expériences. Vraisemblablement les deux sont-elles réalisables.

MICROBIOLOGIE. — *Un actinomyces nouveau acido-alcoolo-résistant* Actinomyces Serophilus. Note de M. **Auguste Sartory** et M^lle^ **Cristiane Bailly**.

Nous avons eu l'occasion d'isoler de l'urine d'un malade suspect de tuberculose rénale un Actinomyces acido-alcoolo-résistant difficilement cultivable sur milieux ordinaires solides ou liquides mais de poussée facile sur milieux à base de sérum ou de sang. Ce parasite est un aérobie strict, son optimum cultural est compris entre + 35 et + 37°. La récolte la plus riche a été fournie à un pH 6,5 à 7. Si nous opérions à des concentrations plus faibles en ions H les cultures étaient moins vivaces à pH 6 ou 6,2, mais si nous atteignions un pH 5 la poussée était très ralentie. Obtenue à l'état pur, notre organisme a été ensemencé sur divers milieux liquides et solides en aérobiose et anaérobiose.

Milieux liquides : sur bouillon de viande, eau de pomme de terre, milieux de Raulin acide et neutre, sur décoction de fruits (pruneaux et poires), *décoction de foie de Bœuf, eaux de touraillons, de levures*, aucune végétation n'apparaît. *Sur eau peptonée*, très légère végétation après 6 jours à l'étuve à + 37°, le dépôt de fond est blanc crème, non visqueux se détachant aisément du fond du tube par agitation. Le liquide surnageant reste clair après repos. *Sur sérum de Bœuf liquide*, poussée très nette au bout de 3 à 4 jours à + 37°; culture luxuriante entre le 8^e^ et le 15^e^ jour. *Sur sérum de Bœuf liquide* ainsi que sur *liquide d'ascite* additionnés de sang, la poussée est vigoureuse dès le 5^e^ jour. L'examen microscopique nous permet d'affirmer que nous sommes en présence d'un Actinomyces acido-alcoolo-résistant dont nous allons donner la description ci-dessous. *Milieux solides : sur bouillon gélatiné ordinaire, gélose, cube de blanc d'œuf, carotte, pomme de terre, fond d'artichaut*, aucun développement. *Sur sérum de Bœuf*

coagulé milieu assez favorable, nous notons après 5 jours à + 37° un léger développement qui se traduit par la présence de petites colonies de moins de 1^{mm} blanches et lisses. Examinées à la loupe elles ne se montrent pas surélevées au centre, elles n'atteignent jamais plus de 2 à 3^{mm} de diamètre. Vers le 17^{e} jour la couleur devient jaune crème. Les colonies sont facilement détachables du milieu. Elles meurent assez rapidement entre le 25^{e} et 30^{e} jour.

Sur gélose au sang, gélose sérum, gélose ascite-sérum, gélose ascite-sérum sang, milieux très favorables, mais peu de changement dans l'allure des colonies, cependant plus développées : 4 à 5^{mm} après 8 jours à + 37°. Nous ne constatons jamais de surélévation au centre des colonies, ces dernières restent plates, non segmentées en forme de disques, les bords sont lisses et la couleur est jaune crème. Mais il arrive que toutes ces formations confluent en une seule formant un enduit lisse, puis légèrement plissé. Ce plissement s'accentue vers le 12^{e} jour. *Caractères morphologiques* : Filaments formant souvent des lignes brisées dont chaque angle est occupé par un espace clair; le plus souvent ils sont droits, parfois incurvés, peu tortueux mais très ramifiés. Ces filaments sont larges de 0$^{\mu}$,4 à 0$^{\mu}$,5, de longueur variable atteignant 1^{mm},5, immobiles, non enchevêtrés. Ils portent des ramifications latérales très irrégulièrement distribuées qui prennent naissance sur les côtés du filament principal et parfois mais rarement un certain nombre de ces rameaux secondaires sont spiralés. Il y a présence d'arthrospores terminales et intercalaires mesurant 0$^{\mu}$,4 à 0$^{\mu}$,5. Après 20 jours de culture en goutte pendante, le parasite se démembre en petits tronçons simulant des bacilles, les arthrospores simulant des streptocoques. L'Actinomyces est facilement colorable par les colorants basiques d'aniline, il reste coloré par la méthode de Gram et l'acido-alcoolo-résistance persiste assez longtemps. Les granulations sont abondantes dans les filaments et les éléments bacillaires.

Propriétés biologiques. — Aucune production d'indol mais dégagement d'hydrogène sulfuré, le rouge neutre n'est pas réduit et les sucres tels que : glucose, saccharose, lactose, galactose, maltose, ne sont pas attaqués. Le lait est coagulé et la caséine peptonifiée, le sérum coagulé n'est pas liquéfié, les nitrates sont réduits en nitrites. Cette espèce s'est montrée très pathogène pour le Cobaye et le Lapin.

Conclusion. — Il est nettement établi que cette espèce est sérophile et hémophile. En considération de ses propriétés morphologiques et biologiques nous rangeons cette espèce que nous croyons nouvelle dans le groupe des Actinomycétales *Microsiphonées tribu des Minorae*. Nous proposons de la nommer *Actinomyces Serophilus*. Elle diffère de l'*Actinomyces Urethritidis* étudié en 1920 par Rocek par les caractères culturaux biologiques et physiologiques. Disons en terminant que notre étude a permis au médecin traitant de poser le diagnostic d'Actinomycose rénale. Le traitement ioduré a donné les meilleurs résultats. Actuellement le malade est cliniquement guéri.

MÉDECINE. — *La bactériostase et la bactériolyse du bacille tuberculeux par la clitocybine.* Note [1] de M. A.-CHARLES HOLLANDE, présentée par M. Robert Courrier.

Le test bactérien employé est formé par le bacille tuberculeux humain (souche S. A. P. C.) faiblement acido-résistant, isolé au stade *forme jeune*.

(1) Séance du 19 mai 1947.

Émulsionnable dans l'eau, il se développe en 24 heures à 37°; un granule central, souvent en division (paranucléosome à oxychromatine), le différencie.

La gélose à 45° (milieux de Courmont, Sabouraud glycérinés), ensemencée abondamment avec ce bacille, prend, en 48 heures à 37°, un aspect porcelainé.

Un fragment de mycelium de culture (*C. candida*), ou un carré de papier buvard imprégné de clitocybine diluée, déposés à la surface de la gélose refroidie, détermine autour d'eux une auréole claire de $2^{cm},5$ à $3^{cm},5$, après 48 heures à 37°.

La clitocybine, qui diffuse dans la gélose, a un grand pouvoir inhibiteur; elle est bactériostatique. Sur une boîte de Pétri, semblablement ensemencée, où le B. K. s'est développé pendant 48 heures à 37°, les mêmes mycelia et papiers apposés à la surface de la gélose font naître encore autour d'eux, à 37°, en 48 heures, une auréole translucide. Il y a là bactériolyse. Ce pouvoir lytique ne se manifeste que très lentement à la température du laboratoire.

Les mêmes bacilles mis au contact d'une solution de clitocybine active sur le B. K. ne sont plus réensemençables après un temps plus ou moins long.

Il y a plusieurs clitocybines; une seule, la clitocybine B, est active sur le bacille tuberculeux. Tous les mycelia de culture et carpophores, bien qu'actifs sur le staphylocoque, le streptocoque, le méningocoque, etc., ne renferment pas de clitocybine B. Nous avons pu la faire naître en milieux de culture spéciaux et dans des conditions appropriées. Une macération active de mycelium (1 p. 5) centrifugée renfermant la clitocybine B, mélangée à un nombre connu (environ 100000 au centimètre cube) de BK humains virulents, neutralise l'action virulente de ces microbes après 24 heures de contact, soit à la température du laboratoire, soit à 37°.

Alors que les témoins inoculés (4 cobayes) avec l'émulsion microbienne seule (1^{cm^3}) présentaient tous en deux mois et demi des viscères très envahis et des ganglions caséeux, l'autopsie de tous les animaux (2 séries de 4 cobayes) inoculés avec le même nombre de B. K. (en un même volume, 1^{cm^3}), mis au contact de la clitocybine B (24^h), soit à 37°, soit à 16°, ne révélaient, à la même époque, aucun organe atteint (rate, poumons, foie, rein); il n'y avait aucun ganglion caséeux.

Ceci montre que la bactériolyse du bacille tuberculeux s'effectue *in vitro*, comme elle s'observe *in vivo* chez le Cobaye tuberculisé, traité à la clitocybine (*Hollande*, 1945); et qu'il y a perte de virulence du B. K. au contact de la clitocybine B.

A la limite de l'auréole inhibitrice, observée sur une boîte de Pétri, il se forme parfois un bourrelet dû à une condensation locale d'éléments microbiens. Lorsque la clitocybine B continue à diffuser dans la gélose, elle détermine au delà un anneau clair. Les bactéries du bourrelet peuvent perdre, au bout d'un temps variable, leur colorabilité élective; elles se teignent alors à peine en une couleur rouge brique lavé par le Ziehl-Neelsen.

L'auréole développée sur gélose porcelainée (cult. B. K. de 48 heures) est un peu moins grande que celle observée au moment de l'ensemencement primitif. Sa translucidité n'est pas toujours complète; l'état diaphane observé, à peine visible quelques fois, n'est jamais comparable à la forte opacité d'une boîte témoin de 48 heures.

La clitocybine B purifiée n'est pas toxique pour le Cobaye; elle agit *in vitro* à doses excessivement faibles sur le bacille tuberculeux.

A 15h40m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 3 mars 1947).

Note de M. *Georges Carpéni*, Influence des sels neutres sur les courbes de titrage de l'acide molybdique :

Page 926, figure 1, 3e ligne, *au lieu de b* : 50 cc. MoC_3, *lire b* : 50 cc. MoO_3.
Page 927, 6e ligne, *au lieu de* Mo_2O_7Me, *lire* Mo_2O_7HMe.

(Séance du 17 mars 1947.)

Note de M. *Georges Carpéni*, Influence du facteur temps sur les courbes de titrage de l'acide molybdique :

Page 1014, 17e et 18e lignes, *au lieu de* (cf. 1), *lire* (cf. 2).

(Séance du 31 mars 1947.)

Note de M. *Georges Carpéni*, Remarques sur la grandeur moléculaire de l'acide molybdique en solution aqueuse :

Page 1061, 6e ligne, *au lieu de* ([3]), *lire* ([2]);
11e ligne, *au lieu de* (mol/g), *lire* (molgr)/*l*.
Page 1062, Note ([6]), 3e ligne, *au lieu de* Cf. (1), *lire* Cf. (2).
Errata du no 15 du 14 avril 1947, page 1128, dernière ligne, *au lieu de* ($Mo_2O_7HM_2$, *lire* (Mo_2O_7HMe.

(Séance du 9 avril 1947.)

Note de MM. *Georges Girard* et *Georges Sandor*, La nature de la toxine pesteuse :

Page 1079, ligne 7, *au lieu de* Sous l'action du formol à 4 %. *lire* Sous l'action du formol à 4 ‰.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 JUIN 1947.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI VILLAT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Les paradoxes de l'axiome du choix.* Note de M. **ÉMILE BOREL.**

J'ai déjà, à diverses reprises, attiré l'attention sur les conséquences paradoxales auxquelles conduit, au point de vue de la mesure des ensembles, l'application de l'axiome du choix. Les partisans de cet axiome ont objecté que l'on n'a pas le droit de parler de mesure pour les ensembles non mesurables. Je voudrais donc, à propos d'un exemple précis, et sans employer la notion de la mesure, indiquer les faits géométriques qui sont à l'origine de ces paradoxes.

Soit E l'ensemble des points situés entre o et 1. Décomposons E en sous-ensembles E_α tels que deux points α_1 et α_2 appartiennent à un même E_α dans le cas et dans le cas seulement où la différence $\alpha_1 - \alpha_2$ est un nombre rationnel. L'ensemble des E_α a la puissance du continu. Dans chacun des E_α choisissons un élément distingué α (*axiome du choix*); l'ensemble des α forme un ensemble F_0 que j'appelle ensemble mal défini. A chaque nombre rationnel a compris entre o et 1 on fera correspondre un ensemble F_a de points compris entre o et 1, chaque point y de F_a se déduisant de chaque point x de F_0 par la condition que y est égal à $x+a$ ou $x+a-1$, y devant être, comme x, compris entre o et 1. On a ainsi décomposé l'ensemble E en une infinité dénombrable d'ensembles mal définis F_a, qui se déduisent les uns des autres par des translations et sont donc égaux, au sens euclidien du mot. L'ensemble E est la somme géométrique des ensembles F_a; mais, en vertu des propriétés élémentaires des ensembles dénombrables, *l'ensemble* E *peut être regardé comme la somme géométrique d'une infinité dénombrable quelconque d'ensembles choisis parmi les* F_a.

Désignons par $a_1, a_2, \ldots, a_n$ les nombres rationnels compris entre zéro et 1, rangés dans un ordre déterminé. On obtient l'ensemble E en plaçant successivement sur la droite les ensembles $F_0, F_{a_1}, F_{a_2}, \ldots, F_{a_n}, \ldots$. Désignons d'autre part par b_n le nombre 10^{-n} et considérons les ensembles $F_{b_1}, F_{b_2}, \ldots, F_{b_n}, \ldots$. Nous savons que F_{b_n} est égal à F_{a_n}, c'est-à-dire s'en déduit par deux translations (une translation $b_n - a_n$ et une translation ± 1 d'une partie de

l'ensemble ainsi obtenu). Nous pouvons donc amener F_{b_n} à la place qu'occupe normalement F_{a_n} et l'ensemble E apparaîtra ainsi comme la somme géométrique des ensembles F_{b_n}, de même qu'il apparaissait comme la somme géométrique des ensembles F_{a_n}. Tel est le paradoxe; il est une conséquence naturelle de la *définition* de l'ensemble F_0 au moyen de l'axiome du choix, qui a permis de décomposer l'ensemble E en une infinité dénombrable d'ensembles égaux au sens euclidien. On peut naturellement déduire beaucoup d'autres paradoxes de ce paradoxe initial.

Le paradoxe consiste dans l'égalité euclidienne du tout et de la partie, dans un domaine fini. Si ce résultat était obtenu sans faire usage de l'axiome du choix, on serait forcé de réviser les axiomes euclidiens. Il me paraît préférable de ne pas admettre l'axiome du choix.

Dans le cas où l'on voudrait admettre à la fois l'axiome du choix et les axiomes euclidiens, il faudrait poser la restriction suivante : *la notion d'égalité euclidienne n'est pas applicable aux figures géométriques définies par l'axiome du choix*. On sait que deux figures sont dites égales lorsqu'elles sont superposables et sont dites équivalentes lorsqu'elles sont décomposables en un nombre fini ou infini d'éléments égaux deux à deux. On sait aussi que deux figures planes limitées par des droites peuvent être décomposées, si elles sont équivalentes, en un nombre fini d'éléments égaux deux à deux (les Allemands les appellent *endlichgleich*); mais ce n'est pas le cas pour les figures les plus simples de l'espace (pyramides), ni pour les figures limitées par des courbes (lunules d'Hippocrate).

L'ensemble des F_{a_n} et l'ensemble des F_{b_n} sont deux figures géométriques formées par la réunion d'éléments deux à deux égaux; ces deux figures sont donc équivalentes au sens euclidien, et cependant ne peuvent l'être, puisque l'une d'elles est une partie de l'autre.

La notion d'égalité euclidienne est entièrement indépendante de la notion de mesure; en géométrie élémentaire, on étudie l'égalité des triangles avant la mesure des aires.

Les propriétés paradoxales des ensembles F_a peuvent être rattachées au caractère illusoire de la définition asymptotique des nombres irrationnels; c'est un point sur lequel je reviendrai prochainement.

CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

GILBERT BOURIQUET. *Les maladies des plantes cultivées à Madagascar*. Préfaces de ANDRÉ MAUBLANC et CH. ROLLOT.

CINÉMATIQUE. — *Sur une extension à l'espace de la formule de Savary.* Note de M. **Henri Pailloux**, présentée par M. Jean Chazy.

La généralisation de la formule de Géométrie plane peut se faire dans l'espace à différents points de vue. Il s'agit toujours de rechercher les courbures de l'enveloppe d'une surface liée à un solide en mouvement. Les résultats essentiels dans le cas où la position de ce solide dépend d'un seul paramètre, le temps, sont classiques [1]. Nous nous proposons ici de donner les formules fondamentales quand le solide dépend de deux paramètres, dans le cas particulier suivant : le solide S_2 mobile roule sans glisser sur le solide S_1 fixe; ces deux solides sont limités par des surfaces applicables, tangentes en des points homologues, les tangentes homologues au point de contact étant confondues.

Il est commode pour le raisonnement d'imaginer un mouvement à un paramètre, obtenu en liant d'une manière arbitraire les deux paramètres précédents. $\vec{\omega}$ étant alors la rotation instantanée de S_2 par rapport à S_1, on a

$$(1)\quad \vec{\omega}\,ds = \vec{P}\,dx + \vec{Q}\,dy,\qquad \vec{P} = \vec{i}(s_2 - s_1) - \vec{j}(r_2 - r_1),\qquad \vec{Q} = \vec{i}(t_2 - t_1) - \vec{j}(r_2 - r_1),$$

en supposant que, pour la position considérée, les axes rectangulaires de coordonnées soient, les deux premiers dans le plan tangent commun, et le troisième porté par la normale commune; $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$ sont les vecteurs unitaires portés par ces axes, r, s, t les dérivées partielles secondes de z à l'origine des coordonnées pour l'une ou l'autre des surfaces. On peut noter que la forme différentielle (1) ne fait pas intervenir la manière dont les deux paramètres ont été liés.

Soit Σ_1 l'enveloppe de Σ_2 liée à S_2. Désignons par M_1, M_2 les points coïncidants sur Σ_1, Σ_2. Le théorème sur la composition des vitesses donne

$$(2)\qquad d\overrightarrow{M_2} - d\overrightarrow{M_1} = \vec{\omega}\,ds \wedge \overrightarrow{IM},$$

I étant le point de contact de Σ_1, Σ_2. Cette forme ne contient pas non plus sous forme explicite le mouvement à un paramètre. Les formules d'Olinde Rodrigues peuvent s'écrire pour l'une ou l'autre des surfaces

$$(3)\qquad d\vec{m} = -\vec{\tau}\frac{d\sigma}{R} - \vec{\tau}'\frac{d\sigma'}{R'},$$

où R, R' sont les rayons de courbure principaux, $\vec{\tau}$, $\vec{\tau}'$ les vecteurs unitaires en M, tangents aux directions principales, et $d\sigma$, $d\sigma'$ les éléments d'arcs des lignes de courbure.

Différentions d'autre part la relation

$$(4)\qquad \overrightarrow{IM} = l\vec{m},$$

[1] René Garnier, *Cinématique*, 2, chap. VIII.

où l désigne la distance IM et $\vec{m}$ le vecteur unitaire porté par la normale commune à Σ_1 et Σ_2.

$$\text{(5)} \qquad d\vec{M} - d\vec{I} = l\, d\vec{m} - \vec{m}\, dl.$$

Remplaçant $d\vec{m}$ par l'expression (3), et faisant le produit scalaire par $\vec{\tau}$, $\vec{\tau}'$, on déduit

$$\text{(5)} \qquad \left(1 + \frac{l}{R}\right) d\sigma = \vec{\tau}.d\vec{I}, \qquad \left(1 + \frac{l}{R'}\right) d\sigma' = \vec{\tau}'.d\vec{I},$$

c'est-à-dire les composantes du déplacement de chaque point M_1 ou M_2 sur la surface correspondante. Comme en Géométrie plane on transforme ces formules en faisant intervenir le point I :

$$\text{(6)} \qquad d\sigma = \left(1 - \frac{l}{IC}\right) \vec{\tau}.d\vec{I}, \qquad d\sigma' = \left(1 - \frac{l}{IC'}\right) \vec{\tau}'.d\vec{I}.$$

Nous évaluons ainsi $d\vec{M_2} - d\vec{M_1}$ de deux manières différentes. En identifiant, on constate comme en Géométrie plane la disparition de l

$$\text{(7)} \qquad \frac{\vec{\tau}_2(\vec{\tau}_2.d\vec{I})}{IC_2} + \frac{\vec{\tau}'_2(\vec{\tau}'_2.d\vec{I})}{IC'_2} - \frac{\vec{\tau}_1(\vec{\tau}_1.d\vec{I})}{IC_1} - \frac{\vec{\tau}'_1(\vec{\tau}'_1.d\vec{I})}{IC'_1} = (\vec{P}\,dx + \vec{Q}\,dy) \wedge \vec{m};$$

C_1, C'_1, C_2, C'_2 sont les centres de courbure principaux de Σ_1, Σ_2 en M.

Telle est la relation vectorielle que nous voulions établir. Comme les différentielles portent sur des fonctions à deux variables, on constate immédiatement que l'on a quatre relations scalaires, dont on vérifie que trois seulement sont distinctes. Ces trois relations s'écrivent

$$\text{(8)} \qquad \begin{cases} \dfrac{\alpha_2^2}{IC_2} + \dfrac{\alpha_2'^2}{IC'_2} - \dfrac{\alpha_1^2}{IC_1} - \dfrac{\alpha_1'^2}{IC'_1} = (r_2 - r_1)\cos\theta, \\ \dfrac{\alpha_2\beta_2}{IC_2} + \dfrac{\alpha'_2\beta'_2}{IC'_2} - \dfrac{\alpha_1\beta_1}{IC_1} - \dfrac{\alpha'_1\beta'_1}{IC'_1} = (s_2 - s_1)\cos\theta, \\ \dfrac{\beta_2^2}{IC_2} + \dfrac{\beta_2'^2}{IC'_2} - \dfrac{\beta_1^2}{IC_1} - \dfrac{\beta_1'^2}{IC'_1} = (t_2 - t_1)\cos\theta, \end{cases} \qquad \begin{cases} \cos\theta = \vec{m}.\vec{k}, \\ d\vec{I} = \vec{i}\,dx + \vec{j}\,dy, \end{cases}$$

α, β, γ étant les cosinus directeurs de $\vec{\tau}$ par rapport aux axes particuliers choisis. A l'aide de ces formules on sait déterminer les directions principales et les courbures principales de l'enveloppe d'une surface donnée.

Nous indiquerons ultérieurement comment cette méthode s'étend au cas du mouvement à deux paramètres le plus général.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la formation des éléments lourds.*
Note (1) de M. **Pierre Lacroute**, présentée par M. Bernard Lyot.

Dans une Note récente (2) a été signalée la possibilité de formation de noyaux lourds dans un milieu à densité croissant de 10^9 à 10^{12} environ et où l'effet de la température n'est pas très important. Dans un tel milieu les éléments sont formés avec des valeurs de Z qui, pour leur valeur de A qu'ils conservent ensuite, sont plus faibles que les valeurs actuelles.

1° Pour déterminer l'élément le plus stable, on est conduit à étudier la surface $W = f(A, Z)$ qui représente l'énergie des noyaux par particule lourde, et à lui chercher le plan tangent le plus bas ayant une orientation donnée. Cette orientation est fonction du nombre n d'électrons par centimètre cube. Le point de contact indique les valeurs de A et Z de l'élément le plus stable. La valeur correspondante de ρ peut être calculée en fonction de n, A, Z, et $f(A, Z)$ qui intervient pour le calcul de la teneur en neutrons.

La surface $f(A, Z)$ n'est pas en réalité une surface continue, elle est définie seulement par les points de A à Z entiers, et il faut considérer trois surfaces légèrement décalées en hauteur, la plus basse correspondant à A et Z pairs et la deuxième à A impair. Ces surfaces sont à peu près connues dans la région de A et de Z qui correspond aux noyaux stables dans les conditions actuelles; elles présentent des creux et des bosses. Ces creux et ces bosses paraissent dus à l'existence de liaisons plus fortes lorsqu'il y a certains nombres de protons ou de neutrons. Il est certain que les creux et les bosses dus aux mêmes raisons n'apparaissent pas en général, dans la région de A et de Z où se forment les éléments lourds, pour les mêmes valeurs de A que dans la région de A et Z des noyaux stables actuellement. Nos connaissances sur les énergies de liaison sont insuffisantes pour déterminer avec sécurité la position des accidents.

Par suite de ces creux et de ces bosses, si l'orientation du plan varie, le point de contact s'attarde à certaines valeurs de A, près des creux, tandis que d'autres valeurs de A ne sont jamais les plus stables, les valeurs impaires notamment. Comme presque toutes les valeurs de A existent, il faut admettre qu'il y avait une certaine température capable de disperser la matière entre plusieurs types de noyaux voisins que leur valeur de $f(A, Z)$ plaçait assez près du plan tangent. Il suffit d'une température pas trop élevée pour cela.

Ceci étant, la courbe de fréquence des noyaux en fonction de A doit présenter, comme les surfaces $f(A, Z)$, une allure assez régulière, avec des maxima et des minima, les maxima correspondant aux valeurs de A des creux de la surface $f(A, Z)$ dans la région de formation. Les maxima n'ont aucune raison

---

(1) Séance du 28 mai 1947.

(2) P. Lacroute, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1481.

de coïncider avec les creux de la surface $f(A, Z)$ dans la région des noyaux actuellement stables, ce qui, au contraire, s'imposerait si les noyaux avaient été formés avec leurs valeurs de A et Z actuelles.

Des creux de la surface $f(A, Z)$ dans la région des noyaux stables actuellement sont visibles vers $A = 54$, 82 et 118 ([3]).

Une courbe de fréquence de A peut être déterminée en utilisant les proportions des isotopes et les proportions des différents éléments dans les météorites ([4]) ou dans l'atmosphère solaire ([5]). Il faut considérer deux courbes légèrement décalées en hauteur, une pour A pair, une pour A impair; ceci est naturel puisque les surfaces $f(A, Z)$ étaient aussi décalées. Ces courbes de fréquence présentent des maxima nets pour $A = 56$, 88 (ou 90), 138 (ou 140).

On pourrait aussi déceler l'allure de la courbe de fréquence uniquement en considérant les proportions des isotopes, particulièrement les proportions des isotopes d'un même élément qui n'ont pas d'isobares. Les résultats, moins nets, confirment cependant les précédents.

La position du maximum de fréquence pour $A = 56$ est pratiquement confondue avec la position du creux de la surface $f(A, Z)$ pour $A = 54$; ceci s'explique parce que, dans les conditions de formation, les valeurs de Z, Z_m sont, pour ces valeurs de A, pratiquement égales aux valeurs Z_A qui donnent les éléments les plus stables actuellement. Lorsque, à A croissant, les valeurs Z_m s'écartent des valeurs Z_A, les positions des maxima de fréquence s'écartent des positions des creux de la surface $f(A, Z)$ dans la région actuelle, 82 et 88, 118 et 138; les deux nombres de chacun de ces groupes sont probablement sur une même ride de la surface $f(A, Z)$. Les faits montrent nettement que les éléments lourds n'ont pas été formés avec les valeurs de A et de Z actuelles.

2° On peut tirer des courbes $Z_A(A)$ données par I. Joliot-Curie ([6]), à la suite de considérations énergétiques, une ligne de minimum sur $f(A, Z)$, soit A_Z la valeur de A qui correspond à Z. On constate que les poids atomiques des corps sont tous plus forts que A_Z depuis $A = 75$ jusqu'aux éléments les plus lourds. Il n'y a donc pas de symétrie dans la répartition des noyaux de chaque côté de la ligne du minimum ; les valeurs de Z sont en moyenne trop faibles parce que les radioactivités β devaient s'arrêter en général un peu avant la ligne minimum. Dans le détail on note souvent une chute brusque de la teneur en isotopes légers d'un élément lorsqu'il existe un isobare stable de Z plus faible; les radioactivités β ont pu s'arrêter là en tout ou partie.

([3]) MATTAUCH, *Kernphysikalische Tabellen*, 1942.

([4]) GOLDSCHMITT, *Geochemische Verteilungsgesetze des Elemente IX Norske Videnskaps (Academi Oslo, Mat. Natur. Klasse*, 1937, n° 4).

([5]) RUSSELL, *Aph. J.*, 70, 1929, p. 11.

([6]) *J. de Phys.*, 6, 1945, p. 209.

Le tableau ci-dessous donne des pourcentages d'isotopes pairs.

	A. A_Z	178.	180.	182.	184.	186.	188.	190.	192.	194.
Hf.......	176,2	28	30	–	–	–	–	–	–	–
W.......	182,2	–	0,2	22,6	30,1	29,8	–	–	–	–
Os.......	188,2	–	–	–	0,018	1,59	13,3	26,4	40,9	–
Pt.......	194,3	–	–	–	–	–	–	–	0,8	30,2

Les noyaux lourds ont dû arriver à leur état actuel par radioactivité β.

GÉODÉSIE. — *L'équilibre des pressions dans la compensation isostatique locale des masses.* Note (¹) de M. **Jean Goguel**, présentée par M. Pierre Lejay.

Si la compensation isostatique a été conçue à l'origine comme traduisant l'égalité des pressions sur la surface de compensation, on a été conduit dans les recherches modernes à effectuer les calculs dans l'hypothèse d'une compensation exacte des masses, pour ne pas modifier la masse totale du globe et pour réduire au minimum l'effet de la compensation sur les points éloignés. Il y a donc lieu d'examiner ce que deviennent les pressions sur la surface de compensation.

Nous considérons d'une part le globe réel, d'autre part un globe compensé fictif, limité à la surface du géoïde, c'est-à-dire débarrassé de toutes les masses situées au-dessus du niveau de la mer, et où la densité des océans serait augmentée jusqu'à égaler celle des terres, mais avec adjonction de masses compensatrices, positives ou négatives, telles que la masse comprise dans tout tronc de pyramide au-dessus de la surface de compensation soit la même que pour le globe réel. Nous admettrons que l'on peut confondre ce globe fictif avec un globe théorique, formé de couches concentriques homogènes, et dans lequel les pressions sont hydrostatiques et gardent une valeur constante sur toute surface de niveau. Il est bien évident que si le globe fictif compensé diffère du globe théorique et comporte des irrégularités de densité supportées par des tensions supplémentaires non hydrostatiques, celles-ci doivent se retrouver également dans le globe réel, et s'ajouter, dans l'un comme dans l'autre, aux pressions que nous allons calculer.

L'écorce du globe réel est solide, puisque sa surface est, et reste, accidentée. L'estimation des contraintes internes qui y existent présente par conséquent une large part d'arbitraire, puisqu'on ne peut imaginer l'état initial sans contraintes et sans forces extérieures que suppose la théorie de l'élasticité. *A fortiori*, il n'est pas possible de déterminer les pressions sur la surface de compensation. Mais nous allons montrer que l'on peut déterminer un système de contraintes en équilibre avec les poids des différents compartiments et avec une pression constante sur la surface de compensation.

(¹) Séance du 28 mai 1947.

Imaginons, entre les compartiments qui constituent l'écorce, un réseau de fissures verticales très minces, occupées par un liquide en équilibre, auquel nous supposons la même loi de densité en fonction de l'altitude que dans le globe compensé théorique. Je dis que les compartiments solides de l'écorce flottent en équilibre archimédien dans le liquide des fissures. En effet, la masse de chaque compartiment est, par hypothèse, égale à celle du liquide déplacé; si nous négligeons la variation de g suivant la verticale, ce qui n'entraîne pas une erreur supérieure à 0,03 %, le poids de chaque compartiment solide est égal à celui du liquide déplacé. Ce raisonnement est exact, même en tenant compte de la convergence des verticales, qui ne diminue en rien la validité du principe d'Archimède.

Enfin, dans le sens horizontal, les pressions sont les mêmes pour des compartiments voisins, même d'altitudes différentes; elles s'équilibrent par conséquent.

Au total, le poids d'un compartiment tronconique est équilibré à la fois par la résultante des pressions qui s'exercent sur ses flancs, et par la pression à sa base. Celle-ci n'est autre que la pression dans le liquide, constante sur une surface de niveau, telle que la surface de compensation. L'équilibre ainsi réalisé subsiste si l'on suppose solidifié le liquide contenu dans les fissures verticales ou sous l'écorce.

Si, pour évaluer les pressions agissant sur les faces des compartiments tronconiques, on avait supposé liquéfiée la matière de l'un des compartiments [2], on aurait trouvé des valeurs de la pression horizontale différentes, pour des compartiments de hauteurs inégales. Le système de contraintes ainsi déterminé ne serait donc pas en équilibre dans le sens horizontal.

Au système de contraintes dans l'écorce solide que nous avons indiqué pourrait se superposer un système quelconque de tensions internes : l'équilibre entre les forces extérieures, c'est-à-dire, d'une part, les poids des compartiments de l'écorce, et, d'autre part, la pression sur la surface de compensation, n'en subsisterait pas moins.

Physiquement, il peut sembler choquant de supposer que, dans une zone de haute altitude, la pression qui s'exerce sur toute la surface verticale est nulle au-dessus du niveau de la mer.

Mais, s'il en était autrement, les contraintes devraient comporter une composante oblique pour que l'équilibre puisse subsister (cela résulte directement des équations d'équilibre). Ceci aurait pour effet de reporter la charge due au relief sur une étendue de l'écorce terrestre supérieure à celle qu'il occupe effectivement [3]. C'est précisément ce que l'on admet lorsqu'on

---

(2) P. Lejay, *Développements modernes de la Gravimétrie*, Paris, 1947, p. 103.

(3) Jean Goguel, *Introduction à l'étude mécanique des déformations de l'écorce terrestre* (*Mém. Carte Géol.*, Paris, 1943, p. 245).

utilise une compensation régionale, mais nous ne nous sommes pas placés dans ce cas.

Pour nous borner au cas de la compensation locale, nous pouvons dire que la compensation définie par l'égalité des masses dans les compartiments élémentaires d'aires égales, entraîne l'égalité des pressions sur la surface de compensation, du moins si l'on néglige la variation de g suivant la hauteur des différents compartiments. Avec cette approximation, il n'y a donc pas lieu d'opposer l'une à l'autre une compensation avec égalité des masses et une compensation avec égalité des pressions.

Remarques sur la Communication précédente,
par M. Pierre Lejay.

M. Goguel a montré que, dans l'hypothèse de compensation isostatique de Pratt, il existait une façon de considérer les contraintes internes de l'écorce terrestre selon laquelle l'égalité des masses d'éléments de même surface découpés dans cette écorce entraîne l'égalité des pressions sur la surface de compensation. Le point de vue de Pratt lui-même sur la formatiou des dénivellations superficielles conduit bien en effet directement à ce résultat : si l'on suppose la croûte terrestre formée initialement de couches concentriques homogènes, et divisée par la pensée en blocs semblables, si l'on imagine qu'un de ces blocs se dilatant, sa surface en soit soulevée, *si l'on suppose de plus que dans cette opération les pressions latérales sur les blocs voisins ne sont pas changées,* il en résulte évidemment que la pression sur la base n'est pas modifiée. La réduction isostatique, qui correspond à une contraction inverse de la dilatation précédente, ne change pas davantage la pression sur la base.

Mais les présupposés sur lesquels s'appuie le raisonnement ne vont pas sans soulever des difficultés du point de vue physique : on est conduit en effet à admettre que non seulement une paroi verticale au-dessus du géoïde n'est soumise à aucune pression, mais qu'une telle paroi au-dessous du géoïde est soumise à une pression indépendante de la hauteur de la surface extérieure au-dessus du géoïde. Dans une telle hypothèse, une discontinuité dans la distribution des pressions horizontales suivant la verticale, semble inévitable au niveau du géoïde.

Si, au contraire, on considère les matériaux constituant l'écorce comme plastiques, à une élévation de la surface extérieure correspondra une modification des pressions latérales d'un bloc sur le voisin, et l'introduction de nouvelles forces de réaction dont la résultante a une composante verticale du fait de la convergence des parois (1).

---

(1) Cette extension régionale des pressions n'entraîne une extension régionale des compensations que si l'on suppose qu'il en résulte un supplément notable des masses.

On pourra admettre alors que d'un soulèvement de la surface résulte une diminution de pression sur la base, bien que la réalité physique qui correspond à cette pression soit mal définie. Dans cette hypothèse, il n'est évidemment pas légitime de supposer chaque bloc enfermé entre des crevasses remplies de liquide dont la surface serait libre; cette supposition modifierait, en effet, du tout au tout les réactions sur les parois.

S'il existe donc une façon de considérer les contraintes qui permet de conserver les masses dans la réduction isostatique tout en assurant des pressions constantes sur la couche de compensation, il peut être fait d'autres hypothèses où il ne rentre pas plus d'arbitraire, selon lesquelles la conservation des masses entraîne des pressions sur la base, variables suivant la hauteur de la surface extérieure.

Pour les fins de la géodésie théorique, les réductions isostatiques sont faites dans l'hypothèse de l'égalité des masses et indépendamment de toute considération sur les propriétés élastiques de l'écorce. Que les pressions sur la surface de compensation soient ou non modifiées dans cette opération, n'intéresse pas directement le géodésien. Le géophysicien, au contraire, devant le fait de l'isostasie, peut se demander s'il existe une surface de compensation sur laquelle les pressions sont constantes. La question n'a de sens que si l'on précise l'état de la matière constituant l'écorce en profondeur, et peut recevoir une réponse différente suivant les hypothèses qu'on est réduit à formuler à ce sujet.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Le calcul pratique de la limite d'une grandeur variable. Imprécision du résultat.* Note [1] de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. La valeur numérique cherchée comme solution d'un problème de physique mathématique est souvent la *limite*, pour n infini, d'une grandeur connue pour les premières valeurs étudiées de n : c'est le cas, par exemple, de la somme d'une série, des termes de laquelle la formation est tellement *pénible* qu'on n'en peut connaître que quelques-uns.

2.1. On rencontre une difficulté grave dans le fait qu'une variable peut tendre vers sa limite, pour n infini, de façons fort variées; cependant, si la variable z tend vers sa limite d'une manière bien *neutre,* en croissant ou décroissant *constamment,* on la représentera *ordinairement* par un développement en n^{-1} limité, dont le terme *indépendant* serait la limite cherchée.

2.2. Dans le cas fréquent où la variable aurait une allure *ondulée,* on séparerait les valeurs de rang *pair* et les valeurs de rang *impair,* chaque *groupe,* supposé varier dans un sens *unique,* étant représenté par un développement imité en n^{-1} dont on déduit des valeurs *interpolées* de nouveau rang $(i+0,5)$

---

[1] Séance du 21 avril 1947.

correspondant aux valeurs de l'autre groupe. En prenant les *moyennes arithmétiques* entre chaque valeur d'un groupe et la valeur interpolée correspondante de l'autre, on forme une suite de valeurs dont l'ondulation est certainement *moindre*, et a peut-être même disparu. On le contrôle en étudiant la *régularité* du nouvel ensemble, par les *différences successives*, qui doivent avoir, pour un ordre donné, un signe constant. On recommence s'il y a lieu.

2.3. Un des buts essentiels de cette Note est d'appeler l'attention sur une procédure très séduisante, mais *dangereuse*.

Si les quantités $s_1, s_2, \ldots, s_n$ ont une limite S, la moyenne arithmétique σ_n de ces n quantités a *la même* limite S. D'où l'idée de remplacer s_n par σ_n si l'allure de s_n est *ondulée*, l'ondulation de σ_n étant notablement *moindre*, la méthode, appliquée à des suites ondulées dont la limite était connue *a priori*, et *itérée* jusqu'à obtention d'une suite parfaitement *régulière*, nous a conduit, par le moyen du développement en n^{-1} limité, à une valeur très *erronée*. La raison en est que les moyennes itérées *ne peuvent plus* se représenter par une série en n^{-1}, l'allure de la moyenne d'ordre k étant donnée par le quotient, par n, d'un polynome de degré $(k-1)$ en $\log n$. Il devient donc pratiquement *impossible* de trouver un développement limité pour représenter σ_n vers l'infini, et par suite, d'en chercher la limite par le procédé du paragraphe 2.1.

3. Ces considérations valent pour les *séries divergentes* une fois que, par nos méthodes ([2]), on les a ramenées à des séries *asymptotiques* de l'espèce, c'est-à-dire séries alternées dont les termes décroissent d'abord fortement pour augmenter ensuite indéfiniment. On admet (mais ce n'est pas réellement général), qu'une telle série se calcule comme une série convergente tant que dure la décroissance, l'*imprécision* du résultat étant mesurée par la valeur du terme auquel on s'est arrêté. Il se pose un problème pratique quand le minimum du terme général est trop *grand*, parce qu'alors l'imprécision devient inadmissible. Cette circonstance se présente précisément à propos de certaines des séries divergentes qui nous ont servi à écrire la solution d'équations différentielles auxquelles conduisaient des problèmes de chaleur.

On peut chercher la limite de la somme s_n des n premiers termes par le moyen du développement limité. Mais le côté *piquant* du procédé, c'est que, pour avoir une allure de s_n convenablement représentable par un développement limité, il ne faut vraiment prendre que les *tout premiers* termes de la série, et se tenir éloigné du terme minimum, alors qu'il eût semblé *a priori* que le résultat dût s'améliorer par la prise en considération d'un nombre de termes *plus grand*.

Cette circonstance est à rapprocher de ce qu'on observe souvent en *physique expérimentale*, quand, croyant améliorer la précision d'une mesure, on a

---

([2]) Cf. *Cours sur les séries divergentes*, professé dans l'été 1946, à l'Institut de Mécanique de la Faculté des Sciences de Paris.

recours à des procédés d'investigation *plus fins*; on trouve alors, au contraire, qu'une structure fine complexe rend *mal déterminé* le phénomène supposé simple. Ce serait sans doute une erreur de voir là, en général, une forme d'un principe d'incertitude : il faut plutôt conclure que nos phénomènes physiques fondamentaux ne sont que des *stylisations*. Mais il est bien curieux de retrouver le même *flou* dans des procédés *mathématiques*, lorsque leur *usage* devient aussi délicat que l'*interprétation* d'une expérience.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur le calcul de l'entropie totale d'un mélange de gaz parfaits*. Note de M. **Numa Manson**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans l'établissement de diagrammes thermodynamiques et plus particulièrement du diagramme enthalpie (H) entropie (S) d'un mélange de gaz parfaits ($pv = n\mathrm{RT}$), on doit tenir compte, aux températures élevées, de l'acroissement de H et de S dû à la dissociation de certains composants du mélange.

En précisant la notion d'enthalpie totale (H_t), G. Ribaud ([1]) a montré comment dans ce cas celle-ci se substitue à l'enthalpie du mélange $\Sigma n_\mathrm{J} \mathrm{H}_\mathrm{J}$. De même, on peut définir l'entropie totale du mélange dont nous nous proposons d'exposer sommairement le principe du calcul.

Si n_A, n_B, ..., n_J sont les nombres de molécules des gaz, A, B, ..., J formant le mélange à une température T_0 pour laquelle les dissociations de ces gaz peuvent être considérées comme négligeables ([2]); α_A, α_B, ..., α_J les fractions de dissociation de ces gaz à la température T et à la pression p; $\mathrm{Q}_\mathrm{T}^\mathrm{A}$, $\mathrm{Q}_\mathrm{T}^\mathrm{B}$, ..., $\mathrm{Q}_\mathrm{T}^\mathrm{J}$ les chaleurs de dissociation à pression constante et à la température T, pour une évolution élémentaire, compte tenu de la relation de Kirchhoff, on a

$$(a) \qquad d\mathrm{Q} = \left[\sum n_\mathrm{J}\, d\mathrm{H}_\mathrm{J} + \sum \frac{\partial(\alpha_\mathrm{J} \mathrm{Q}_\mathrm{T}^\mathrm{J})}{\partial \mathrm{T}}\, d\mathrm{T}\right] + \left[\sum \frac{\partial(\alpha_\mathrm{J} \mathrm{Q}_\mathrm{T}^\mathrm{J})}{\partial p} - v\right] dp,$$

$$(b) \qquad d\mathrm{S} = \frac{d\mathrm{Q}}{\mathrm{T}} = \sum n_\mathrm{J} \frac{d\mathrm{H}_\mathrm{J}}{\mathrm{T}} + \sum \frac{1}{\mathrm{T}}\left[\frac{\partial(\alpha_\mathrm{J} \mathrm{Q}_\mathrm{T}^\mathrm{J})}{\partial \mathrm{T}}\, d\mathrm{T} + \frac{\partial(\alpha_\mathrm{J} \mathrm{Q}_\mathrm{T}^\mathrm{J})}{\partial p}\, dp\right] - v\frac{dp}{\mathrm{T}},$$

On notera que le premier terme du second membre de l'équation (a) est la différentielle de l'enthalpie totale qui, intégrée entre T_0 et T pour une pression p constante, s'écrit

$$[\Delta \mathrm{H}_t]_{\mathrm{T}_0}^{\mathrm{T}} = \sum n_\mathrm{J} [\Delta \mathrm{H}_\mathrm{J}]_{\mathrm{T}_0}^{\mathrm{T}} + \sum [\alpha_\mathrm{J} \mathrm{Q}_\mathrm{T}^\mathrm{J}]_{\mathrm{T}_0}^{\mathrm{T}}.$$

De même, pour intégrer l'équation (b) qui est celle de la différentielle de

---

([1]) Voir par exemple, *Chaleur et Industrie*, 1937, p. 206 et 1938, p. 63; *La France énergétique*, 8, 3, 1944, nos 9-10.

([2]) En toute rigueur on devrait prendre $\mathrm{T}_0 = 0^\circ\mathrm{K}$.

l'entropie totale S_t remarquons que

$$(a)\quad \sum \frac{1}{T}\left[\frac{\partial(\alpha_J Q_T^J)}{\partial T}dT + \frac{\partial(\alpha_J Q_T^J)}{\partial p}dp\right] = \sum \frac{d(\alpha_J Q_T^J)}{T} = \sum d\left[\frac{\alpha_J Q_T^J}{T}\right] + \sum \alpha_J \frac{Q_T^J}{T^2}dT.$$

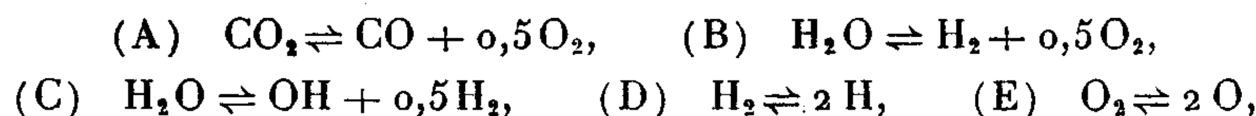
b. D'après la relation de Van't Hoff, K_J étant la constante d'équilibre à pression constante $Q_T^J dT = T^2 R d(\operatorname{Log} K_J)$.

c. D'après la définition de l'entropie de température s^T (entropie pour $p = 1$ atm) (³) $d(s_J^T) = dH_J/T$.

Par conséquent l'expression (*b*) peut être écrite sous la forme

$$(c)\qquad dS_t = \sum n_J ds_J^T + \sum d\left[\frac{\alpha_J Q_T^J}{T}\right] + \sum \alpha_J R d(\operatorname{Log} K_J) - nR\frac{dp}{p}.$$

Nous avons déjà montré (⁴) comment cette équation peut être intégrée dans le cas simple d'un seul gaz donnant lieu soit à une réaction ($X_2 = 2X$), soit simultanément à deux réactions ($YX_2 = YX + 0{,}5\,X_2$ et $X_2 = 2X$) d'équilibre; dans le cas plus général où le mélange est formé par exemple de n_c moles de CO_2 m moles de H_2O et n_I moles d'inertes I, la méthode reste la même. On doit écrire les expressions des constantes des cinq réactions d'équilibre



$$(A)\ CO_2 \rightleftharpoons CO + 0{,}5O_2,\qquad (B)\ H_2O \rightleftharpoons H_2 + 0{,}5O_2,$$
$$(C)\ H_2O \rightleftharpoons OH + 0{,}5H_2,\qquad (D)\ H_2 \rightleftharpoons 2H,\qquad (E)\ O_2 \rightleftharpoons 2O,$$

et tenir compte des bilans de carbone, d'hydrogène et d'oxygène.

En désignant par (⁵) y la fraction de dissociation du CO_2 ($x = n_c - y$), par $(m - t - u)$ celle de H_2O en H_2 et $0{,}5\,O_2$ (équilibre B), par u celle de H_2O en OH et H_2 (équilibre B), par $0{,}5\,w$ celle de H_2 et $0{,}5\,r$ celle de O_2, et en posant $n_0 = n_I + n_c + m$, on obtient en intégrant entre

$$T_0 = 0^\circ K,\qquad p = 1\ (n = n_0,\ x_0 = n_c,\ t_0 = m)\qquad \text{et}\quad T,\ p\ (n,\ x,\ t,\ \ldots).$$

$$S_t^{T,p} = n_I s_I^T + n_C s_{CO_2}^T + m s_{H_2O}^T + y\frac{Q_T^A}{T} + (m-t-u)\frac{Q_T^B}{T} + u\frac{Q_T^C}{T} + \frac{w}{2}\frac{Q_T^D}{T}$$
$$+\frac{r}{2}\frac{Q_T^E}{T} - Rn_0\operatorname{Log} p\frac{n_0}{n} - Rn_C\operatorname{Log}\frac{x}{n_C} - Rm\operatorname{Log}\frac{t}{m}.$$

On notera que : *a*. cette expression se réduit à $\Sigma n_J s_T^J - n_0 R \log p$ lorsqu'on néglige la dissociation;

b. Si le mélange comporte initialement non seulement du CO_2 et H_2O, mais aussi du CO, H_2 ou O_2, le principe du calcul subsiste, mais le résultat diffère par la présence dans l'expression de S^{PT} des entropies s_{CO}^T, $s_{H_2}^T$ ou $s_{O_2}^T$ et par une valeur différente (que l'on précisera aisément en écrivant les bilans de C, de H et de O) de $n_0\, n_C$ et m.

(³) Nous admettons que conformément au théorème de Nernst pour $T = 0^\circ K\ s_J^{T=0} = 0$.

(⁴) *Thèse*, Paris, 1946.

(⁵) Nous adoptons ici la notation de G. Ribaud (¹).

MAGNÉTISME. — *Le champ coercitif d'une poudre ferromagnétique cubique à grains anisotropes.* Note (1) de M. **Louis Néel**, présentée par M. Aimé Cotton.

Lorsque les dimensions des grains d'une poudre d'une substance ferromagnétique sont inférieures à une certaine valeur critique, qui pour le fer est voisine de 300 Å, l'aimantation spontanée de chaque grain est uniforme et les variations d'aimantation ne proviennent que de la rotation de cette aimantation spontanée (2).

Si le grain a la forme d'un ellipsoïde de révolution allongé, de volume V, M et N étant respectivement les coefficients de champ démagnétisant suivant le grand axe et le petit axe, et si l'on néglige l'énergie magnétocristalline, l'énergie totale se réduit à $CV\alpha^2$, où α est égal au cosinus de l'angle de l'aimantation spontanée $\mathcal{J}$ avec le grand axe et C un coefficient égal à $1/2\,(M - N)\mathcal{J}^2$: tout se passe comme s'il s'agissait d'une substance uniaxe, le grand axe de l'ellipsoïde jouant le rôle de direction de facile aimantation. Le grain présente alors de l'hystérésis selon le mécanisme étudié par R. Becker (3) et N. Akulov (4). Lorsque la direction du champ magnétique est celle du grand axe, le cycle d'hystérésis est rectangulaire, avec un champ coercitif $H_c = 2C/\mathcal{J}$. Pour un ensemble d'ellipsoïdes semblables, sans interactions, orientés au hasard, un calcul graphique montre que le cycle moyen possède un champ coercitif $H_{cm} = 0{,}96\,C/\mathcal{J}$. Si le rapport a/b des axes de l'ellipsoïde est voisin de l'unité $a/b = 1 + \varepsilon$, on a $N - M = 8\pi\varepsilon/5$ et $H_{cm} = 0{,}96(4\pi\mathcal{J}\varepsilon/5)$, soit pour le fer $H_{cm} = 4100\varepsilon$.

On obtient une image relativement fidèle d'une poudre réelle en la considérant comme un mélange d'ellipsoïdes d'excentricités diverses. L'hypothèse la plus simple consiste à regarder ε comme un simple paramètre et à le faire varier entre zéro et la valeur maximum 5/4 correspondant à $N - M = 2\pi$, c'est-à-dire au cylindre, et à supposer que les volumes relatifs des ellipsoïdes dont les ε sont compris entre ε et $\varepsilon + d\varepsilon$ sont proportionnels à $d\varepsilon$. Un calcul graphique montre que le cycle moyen ainsi obtenu possède un champ coercitif égal à $0{,}26\pi\mathcal{J}$, soit 1400 gauss pour le fer.

Dans les poudres comprimées, il faut avoir égard aux actions mutuelles entre les grains. La manière la plus simple d'en tenir compte consiste à remarquer, qu'étant donné un système quelconque de cavités réparties d'une façon isotrope dans une substance ferromagnétique d'aimantation uniforme égale à l'aimantation spontanée $\mathcal{J}$, l'énergie magnétique du système par

---

(1) Séance du 28 mai 1947.

(2) L. Néel, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1488.

(3) *Zeits. f. Physik*, 62, 1930, p. 253.

(4) *Zeits. f. Physik*, 81, 1933, p. 790.

centimètre cube est égale à $(2\pi/3)v(1-v)\mathcal{J}^2$, en désignant par v le volume relatif occupé par les cavités. Rapportée à l'unité de volume de substance ferromagnétique, l'énergie est égale à $(2\pi/3)\mathcal{J}^2(1-v)$. Pour des grains, la présence des voisins multiplie ainsi l'énergie par $1-v$. Comme dans le calcul indiqué plus haut, le champ coercitif est proportionnel à l'énergie, on obtient alors comme valeur du champ coercitif $H_{cm}=0,26\pi\mathcal{J}(1-v)$, ou en désignant par d et d_0 la densité apparente de la poudre comprimée et la densité du métal massif

$$H_{cm}=0,26\pi\mathcal{J}\left(1-\frac{d}{d_0}\right). \quad (1)$$

Pour une poudre de fer de densité 4,5, le calcul donne ainsi 500 gauss. Comme l'a montré L. Weil ([5]), la formule (1) est en accord avec les données expérimentales : elle fournit la limite supérieure des champs coercitifs qu'il est possible d'atteindre avec une poudre de densité apparente donnée lorsque tous les grains sont au-dessous du diamètre critique.

Il semble ainsi que l'anisotropie de forme des grains soit bien à l'origine de l'hystérésis des poudres ferromagnétiques des substances cubiques. Comme on l'a déjà fait remarquer ([2]), l'anisotropie magnétocristalline ne joue qu'un rôle secondaire : il n'en est naturellement pas de même pour les poudres de substances non cubiques et fortement anisotropes comme le manganèse-bismuth où, comme l'a montré G. Guillaud ([6]), l'anisotropie magnétocristalline est la cause réelle du champ coercitif.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur le mécanisme de la rediffusion électronique par les métaux*. Note ([1]) de M. **Pierre Palluel**, présentée par M. Camille Gutton.

Dans une Note précédente ([2]) on a montré que le coefficient de rediffusion électronique des métaux sous incidence normale est pratiquement indépendant de la vitesse des électrons primaires lorsque celle-ci est suffisamment élevée, et dépend essentiellement de la substance bombardée.

La courbe ci-après représente un essai de systématisation des résultats. Le coefficient de rediffusion des éléments suivants : C, Mg, Al, Ca, Cr, Fe, Ni, Ge, Mo, Ag, Sn, Ta, W, Pt est porté en fonction du numéro atomique Z pour la vitesse primaire $\beta=0,25$. La diversité chimique de ces substances nous paraît justifier le tracé d'une courbe continue joignant l'ensemble des points figuratifs. Les valeurs indiquées par Schonland ([3]) pour 4 éléments et $\beta=0,55$

([5]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 923.

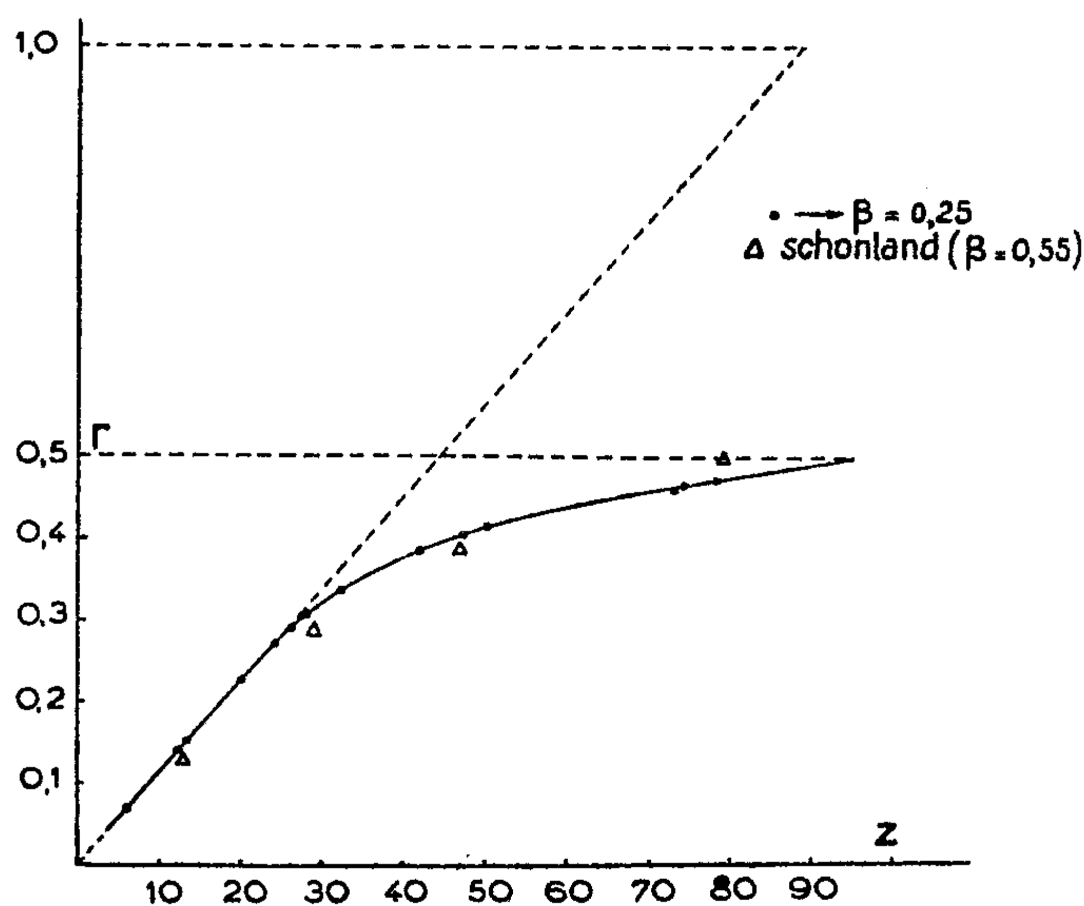
([6]) *Thèse*, Strasbourg, 1943.

([1]) Séance du 19 mai 1947.

([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1492.

([3]) *Proc. Roy. Soc. London*, (A), **104**, 1923, p. 235; **108**, 1925, p. 187.

se situent au voisinage de la courbe obtenue. Les écarts constatés peuvent être dus soit à une variation des conditions expérimentales (par exemple le potentiel antagoniste était égal à 40 volts dans nos expériences, à 200 volts dans celles



de Schonland), soit à la légère dépendance de r avec la vitesse primaire. Ces deux hypothèses explicatives sont compatibles avec le sens des écarts observés.

Après une croissance linéaire pour les éléments légers, la courbe s'incurve en montrant une sorte de saturation pour les éléments lourds. La valeur vers laquelle tend r pour les éléments les plus lourds est de l'ordre de 0,5. Cette valeur est celle que l'on obtiendrait pour le coefficient de rediffusion d'un élément idéal plan et indéfiniment étendu dans lequel un faisceau d'incidence normale subirait une diffusion pure, c'est-à-dire sans absorption d'énergie. Pour les éléments les plus légers, au contraire, r tend vers zéro, ce qui signifie que l'absorption devient prépondérante. En outre r est alors proportionnel à Z et cette variation linéaire, extrapolée jusqu'aux éléments les plus lourds, donnerait pour ceux-ci un coefficient de rediffusion de l'ordre de 1. Ce serait le cas d'une substance idéale dans laquelle toute particule incidente subirait un choc unique réfléchissant.

Il apparaît ainsi que pour les éléments légers le nombre de particules rediffusées est limité par absorption, tandis que le mécanisme de diffusion procède de déviations singulières sous grands angles. Pour les éléments lourds, l'effet de diffusion est prépondérant et procède alors de déviations multiples sous de petits angles. Ces conclusions sont à comparer aux résultats que l'on peut déduire des lois de la diffusion simple et multiple en combinaison avec la loi de Bohr pour l'absorption moyenne de l'énergie. D'après ces résultats, la probabilité d'une déviation donnée pour un taux d'absorption donné est proportion-

nelle à Z pour la diffusion simple et à $\sqrt{Z}$ pour la diffusion multiple. Ces mêmes proportionnalités se retrouvent sensiblement aux extrémités de la courbe $r = f(Z)$.

Enfin, il importe de souligner l'absence d'une périodicité notable pour cette fonction, fait surprenant à première vue puisque la diffusion et l'absorption sont deux effets doués individuellement de périodicité. La périodicité liée à ces phénomènes a été observée dans des expériences visant à les isoler soigneusement et se manifeste dans les lois correspondantes essentiellement par l'intervention de puissances différentes du volume atomique v. Il est frappant de constater que toute combinaison de ces lois destinée à caractériser la diffusion avec absorption par un facteur sans dimension fait disparaître v des termes prépondérants de l'expression finale et ne le laisse subsister que dans certains coefficients logarithmiques, c'est-à-dire peu sensibles à l'observation expérimentale. Leur influence ne se manifesterait probablement que dans une étude de structure fine du phénomène.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur la limite de résolution du microscope électronique. Lentille ronde.* Note (¹) de M. **Henri Bruck**, présentée par M. Camille Gutton.

La limite de résolution du microscope à électrons est habituellement donnée par la formule

$$\delta = \sqrt{\left(0,6\frac{\lambda}{\alpha}\right)^2 + (\mathcal{C}_s\alpha^3)^2}$$

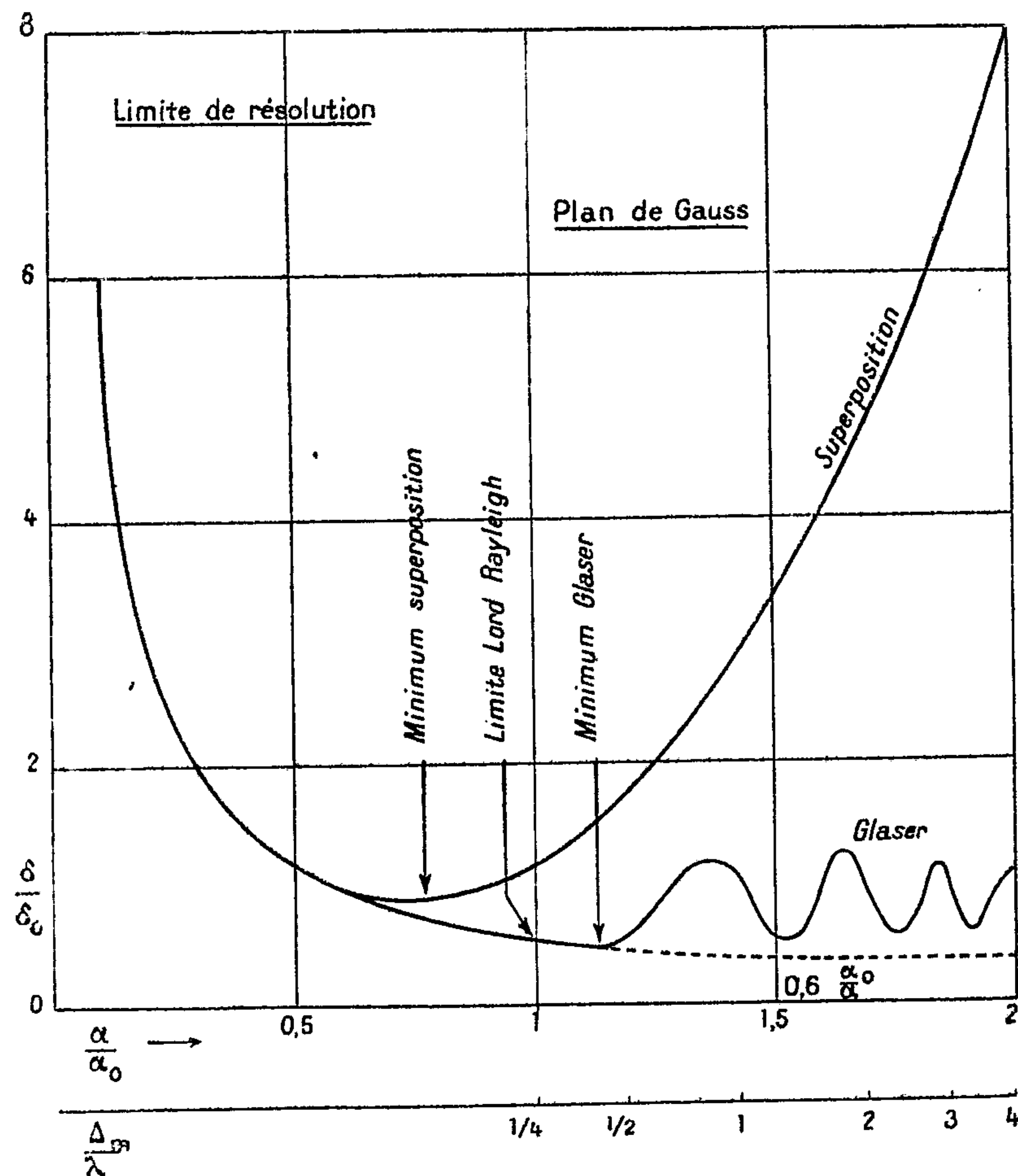
qui superpose quadratiquement les taches de la diffraction et de l'aberration géométrique de sphéricité au plan de Gauss.

A la figure ci-après, cette formule est représentée graphiquement ainsi que la limite de résolution, déduite de la forme exacte de la figure de diffraction au plan de Gauss, calculée par M. Born (²) et de W. Glaser (³).

Cependant la meilleure limite de résolution n'est pas atteinte au plan de Gauss. On sait qu'en optique géométrique le cercle de moindre diffusion est situé aux 3/4 de la caustique axiale. En théorie ondulatoire, la détermination rigoureuse de la limite de résolution optimum dans le meilleur plan de mise au point nécessiterait encore des intégrations numériques onéreuses. On obtient cependant rapidement une valeur ondulatoire approchée à partir de la règle du $\lambda/4$ de Lord Rayleigh, ou en considérant l'éclairement au centre de la tache de diffraction d'après A. Maréchal (⁴). Les deux méthodes conduisent, dans le cas présent, sensiblement au même résultat.

(¹) Séance du 28 avril 1947.
(²) *Optik*, Berlin, 1933, p. 195.
(³) *Zeits. f. Phys.*, **121**, 1943, p, 647.
(⁴) *Cahiers de Physique*, **26**, 1944, p. 24.

A la limite du $\lambda/4$ de Lord Rayleigh, la limite de résolution se confond encore avec la limite de résolution $\delta = 0,6\ \lambda/\alpha$ d'une lentille parfaite. Au delà de la limite de Lord Rayleigh, un élargissement de la figure de diffraction est à



Limite de résolution au plan de Gauss : $\alpha_0 = \sqrt[4]{\lambda/\mathcal{C}_s}$, $\delta_0 = \lambda\sqrt[4]{\mathcal{C}_s/\lambda}$.
La courbe de Glaser ([3]) a été redessinée en unités α_0, δ_0.

prévoir tel que la limite de résolution minimum en fonction de l'ouverture angulaire ne peut pas être sensiblement différente de celle atteinte à la limite de Lord Rayleigh même. Au plan de Gauss, la différence n'est, en effet, que de 5 %. On peut donc considérer la limite de résolution à la limite de Lord Rayleigh comme une bonne approximation (par excès) de la limite de résolution minimum.

A l'aide de la règle de Lord Rayleigh on trouve, comme on sait, le meilleur plan de mise au point au milieu de la caustique axiale. La limite de résolution optimum y est de $0,42\lambda\sqrt[4]{\mathcal{C}_s/\lambda}$ avec une demi-ouverture du faisceau $\alpha_{\text{opt}} = 1,42\sqrt[4]{\lambda/\mathcal{C}_s}$. Numériquement, la limite de résolution optimum est

ainsi pour le microscope électrostatique ou magnétique respectivement de 7,9 Å ou de 3,4 Å, en posant $\mathcal{C}_s$ respectivement 75^{mm} ou $2^{mm},5$ et $\lambda = 5,5.10^{-2}$ Å (électrons de 50 kV).

Le tableau ci-dessous fait ressortir l'écart entre cette meilleure valeur de la limite de résolution et celles obtenues par des considérations plus anciennes.

TABLEAU.

$$\left(\delta_0 = \lambda \sqrt[4]{\frac{\mathcal{C}_s}{\lambda}}; \quad \alpha_0 = \sqrt[4]{\frac{\lambda}{\mathcal{C}_s}}\right).$$

Méthode.	Plan de mise au point.	$\frac{\delta_{min}}{\delta_0}$.	$\frac{\alpha_{opt}}{\alpha_0}$.
Superposition	Gauss	0,91	0,77
	Cercle géométrique de moindre diffusion	0,64	1,09
Limite $\frac{\lambda}{4}$	Gauss	0,6	1
	Milieu caustique axiale	0,42	1,42
Born-Glaser	Gauss	0,57	1,16

SPECTROSCOPIE. — *Emploi du polariscope Savart-Lyot pour la détection des raies du Ciel nocturne et crépusculaire et l'étude de leur polarisation.* Note (1) de MM. **Jean Bricard** et **Alfred Kastler**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Une lame de quartz à faces parallèles d'épaisseur 13^{mm}, taillée à 30° de son axe optique, entre deux polaroïds croisés dont les sections principales sont à 45° de ses lignes neutres, donne en lumière monochromatique convergente un système de franges dit de Savart, que l'on peut photographier en plaçant derrière l'ensemble l'objectif d'un appareil photographique réglé sur l'infini. La bande spectrale efficace doit être d'autant plus fine que la lame est plus épaisse.

Pour augmenter la luminosité, nous avons utilisé le procédé de Lyot (2), qui consiste à remplacer l'analyseur par un biréfringent dont les sections principales sont orientées à 45° des lignes neutres de la lame, et donnant une séparation telle que les franges brillantes correspondant à l'une des images coïncident avec celles de l'autre image.

Avec un objectif Saphir L_1, ouvert à $f/1,5$, l'appareil étant muni d'un écran Wratten n° 15 et de plaques Ilford Chromatic, on obtient, après une pose de quelques heures, le système de franges représenté par la figure 1 et dû à la raie verte 5577 Å du Ciel nocturne. Avec des plaques Ilford HP3 et un écran Wratten n° 26 ou n° 29, on obtient des franges dues à la raie rouge 6300 Å du Ciel nocturne, avec des plaques Kodak D ou T et un écran Wratten n° 22 ou n° 23, on obtient, au crépuscule, des franges que nous attribuons à la raie D du sodium (*fig.* 2).

Le dispositif suivant nous a permis de montrer que ces franges sont dues effectivement à la raie D, et non pas à la présence de la bande jaune étroite

(1) Séance du 12 mai 1947.
(2) *La Revue d'Optique*, 1926, p. 108.

particulièrement intense pour les faibles dépressions solaires (3) : on place devant le polariseur un second objectif L_2 dans le plan focal objet duquel on a disposé deux cuves contenant de la vapeur de sodium; l'image de ces deux cuves est au point sur la plaque. L'une d'elles est froide, l'autre est maintenue à une température suffisante pour assurer l'absorption totale de la raie D crépusculaire (4). La figure 3 représente un cliché obtenu dans ces conditions, et montre que les franges correspondant aux rayons ayant traversé la cuve chauffée ont disparu.

Cette méthode permet ainsi d'étudier les raies du Ciel nocturne et crépusculaire sans le secours d'un spectrographe; on peut alors embrasser une région du Ciel étendue, et comparer les intensités d'une raie en différents points de cette région.

II. Avec le système lame de quartz + biréfringent non précédé d'un polariseur, on peut obtenir des franges parfaitement nettes lorsque la lumière incidente est constituée par une raie spectrale pure, présentant une polarisation au moins égale à 3 %, la vibration polarisée étant convenablement orientée; la sensibilité de l'appareil, employé comme polariscope, diminue d'autant plus que la raie est accompagnée d'un fond continu plus intense.

Le contraste de ces franges peut être modifié par interposition d'une lame de verre inclinée. Il est renforcé si la vibration incidente prédominante est dans le plan d'incidence de cette lame; il est affaibli si la vibration incidente est perpendiculaire à ce plan. En utilisant côte à côte deux lames de verre inclinées G_1 et G_2, dont les plans d'incidence sont croisés, toute polarisation initiale de la lumière incidente doit se manifester par une dissymétrie du contraste des franges données par chacune des deux lames (*fig.* 4).

Aucune dissymétrie de ce genre n'ayant pu être constatée pour la raie verte du Ciel nocturne, nous pouvons en conclure que la polarisation de celle-ci ne peut être que très faible et bien inférieure à la valeur de l'ordre de 14 % indiquée par Khvostikov (5). Des études de la polarisation de la raie D crépusculaire par le même procédé sont actuellement en cours.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption X de quelques sels du nickel divalent et de leurs solutions aqueuses.* Note (1) de M^lle **Yvette Cauchois**.

L'étude des spectres de rayons X des liquides et des solutions reste pratiquement à faire. Malgré des difficultés expérimentales, elle est possible et serait susceptible d'aider à la connaissance de l'état liquide. Voici quelques résultats sur l'absorption K de composés du nickel cristallisés sous différentes hydratations et en solutions aqueuses.

(3) R. Bernard, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 448.

(4) J. Bricard et A. Kastler, *Ann. de Geophys.*, **1**, 1944, p. 53.

(5) *C. R. Acad. des Sc. U. R. S. S.*, **21**, n° 7, 1938, p. 322; **27**, n° 3, 1940, p. 219.

(1) Séance du 19 mai 1947.

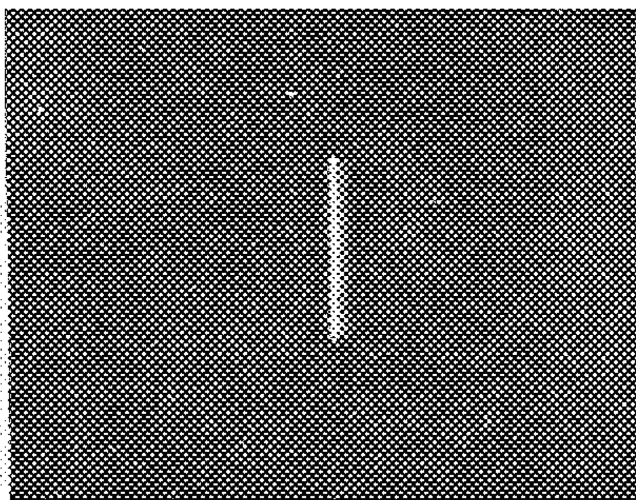


Fig. 1 *a*.

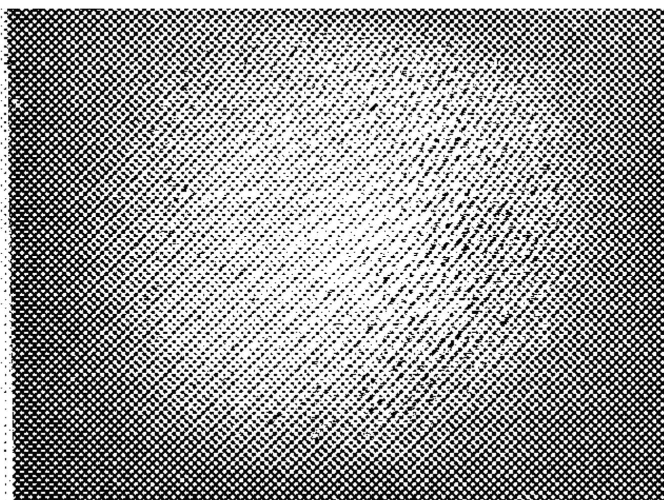


Fig. 1 *b*.

Fig. 1 *a*. — Spectre du ciel nocturne. Spectrographe Cojan à ouverture F/0,7. Plaque Ilford chromatic. Le spectre montre uniquement la raie verte 5577 Å.

Fig. 1 *b*. — Franges du polariscope Savart-Lyot. Plaque Ilford chromatic. Écran Wratten n° 15. Franges dues à la raie verte 5577 Å.

Les deux clichés ont été obtenus par poses simultanées de durée 4 heures 40 minutes dans la nuit du 21-22/1/47. Observatoire du Pic du Midi.

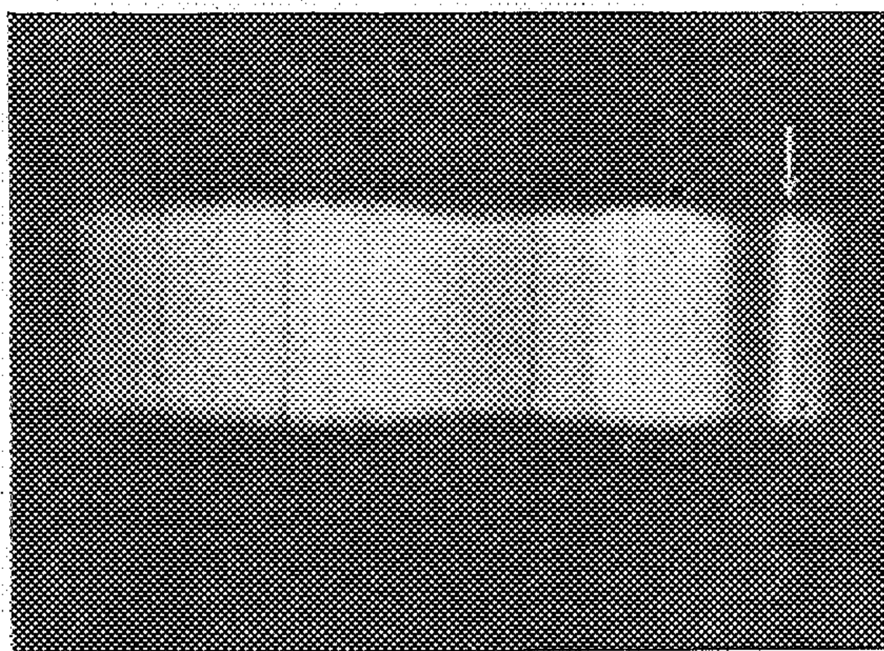


Fig. 2 *a*.

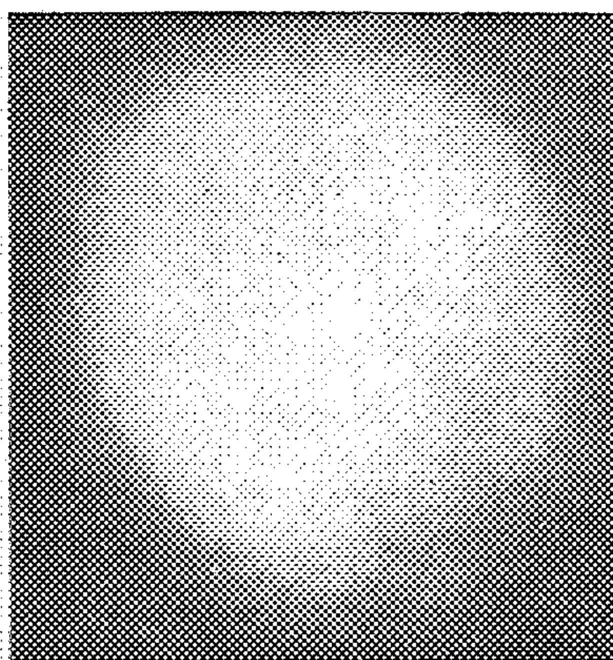


Fig. 2 *b*.

Fig. 2 *a*. — Spectre du ciel crépusculaire. Plaque Kodak D III. La raie D du sodium est marquée par une flèche.

Fig. 2 *b*. — Franges du polariscope Savart-Lyot obtenues au crépuscule. Plaque Kodak D III, écran Wratten n° 22.

Les deux clichés ont été obtenus à Paris, le 12/1/47 par poses simultanées de durée 18 minutes, de 42 à 60 minutes après le coucher du Soleil. Direction de visée Nord, une quarantaine de degrés au-dessus de l'horizon.

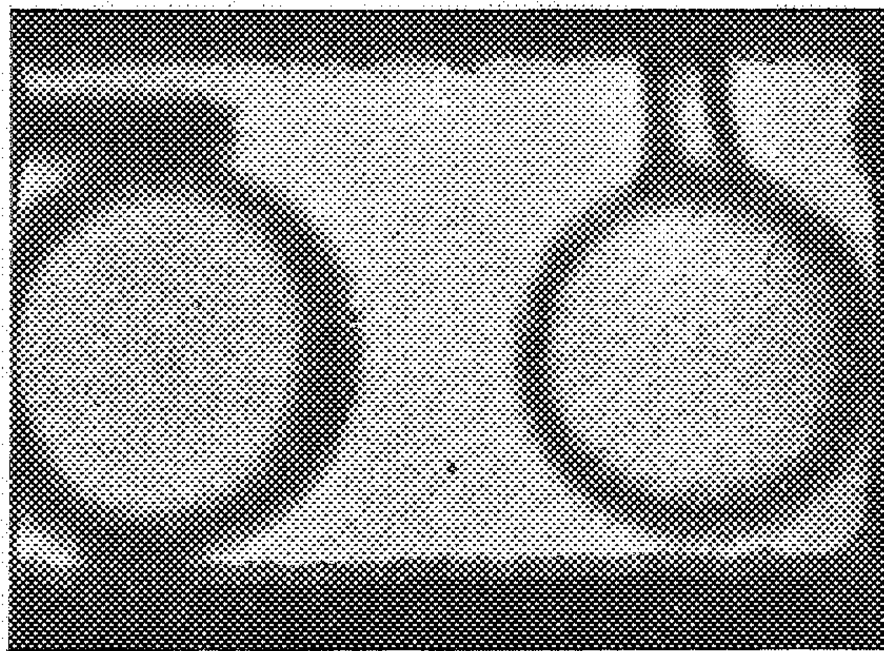


Fig. 3.

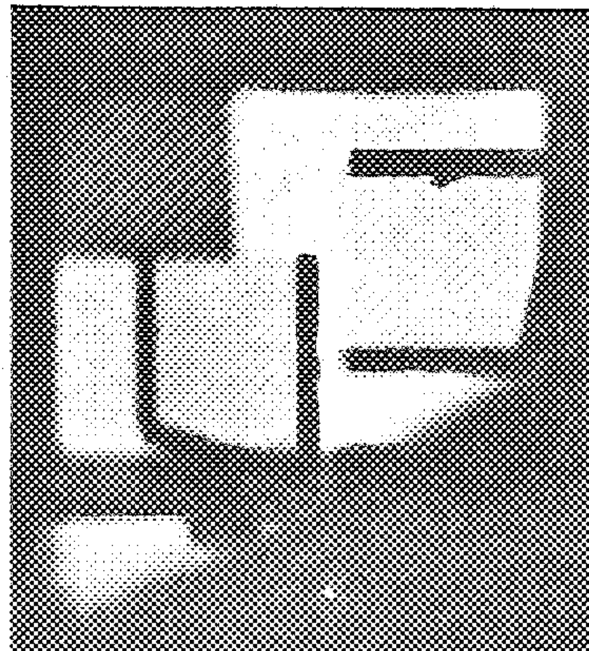


Fig. 4.

Fig. 3. — Franges du polariscope Savart-Lyot dues à la raie D du ciel crépusculaire, montrant l'absorption par la cuve chaude contenant de la vapeur de sodium. Plaque Crumière Panchro, écran Wratten n° 22. Crépuscule du 23/12/46, Paris.

Fig. 4. — Franges du polariscope Savart-Lyot dues à la raie verte : plaque Ilford chromatic, écran Wratten n° 15. Pose de 2 heures autour de minuit, nuit du 29-30/1/47, Pic du Midi. Direction de visée : Nord, à angle droit du Soleil. Franges des deux glaces G_1 et G_2, inclinées à 60°. Dans le coin supérieur gauche, franges d'un polaroïd.

Les spectres des solutions ont été pris à l'aide de cuves à faces parallèles à profondeur variable, constituées par deux lamelles de mica et un anneau intermédiaire en mica ou en verre, paraffinées extérieurement. La densité superficielle, égale à celle du nickel dans les solides, était maintenue à peu près constante d'un cas à l'autre; l'épaisseur d'eau a varié entre 0,05 et plus de 1^{mm} pour des concentrations échelonnées entre la saturation et la normalité. Les clichés avaient sensiblement même densité. Les solutions s'altèrent pendant l'irradiation et étaient renouvelées en conséquence.

Il existe une analogie frappante entre les spectres des composés ioniques du nickel divalent examinés, qu'ils soient solides ou dissous; ils sont nettement différents de ceux du métal ou de NiO. Ils montrent tous la discontinuité vers 1483 u.X, suivie d'une raie blanche (RB), maximum du coefficient d'absorption, puis de trois bandes sombres α, β, γ, bien séparées par des bandes claires A et B, espacées sur environ 200 eV. Il existe des structures, plus floues, jusqu'à plus de 300 eV. La bande α est complexe; située vers 1478 u. X, elle présente une raie noire (rn), un minimum (min) et un maximum (max) plus intense que rn. La seconde bande, β, vers 1466 u.X est également complexe au moins dans certains cas, comme celui du nitrate hydraté. La bande γ vers 1450 u.X est plus large et plus floue. D'autres détails seront négligés pour le moment.

Si l'on passe des sels solides à leurs solutions, on est frappé de trouver le même aspect général. Il est remarquable d'observer des fluctuations d'intensité traduisant l'existence d'états d'énergie virtuels jusqu'à plusieurs centaines d'électron-volts au delà du niveau optique fondamental de l'ion. Je ne crois pas que des bandes de ce type aient été signalées ni pour ces sels de nickel, ni pour d'autres solutés. Elles donnent des indications complémentaires sur le comportement des ions en solution.

Le seul travail antérieur que je retiendrai, sur les solutions, est celui de W. Beeman et J. Bearden ([2]). Il donne une courbe d'absorption sur une cinquantaine d'eV à partir de NiK, ne concerne donc que RB et α de ma notation et ne mentionne pas l'existence des structures plus lointaines, pourtant si nettes. Mes mesures, faites sur spectres photographiés et microphotométrés donnés par (100) du mica, avec 12,2 uX/mm, sont en bon accord général avec cette courbe, obtenue au spectromètre à deux cristaux, dans la région mentionnée. J'observe cependant, d'un sel dissous à l'autre, de petites différences qui dépassent probablement l'erreur expérimentale. Au voisinage de la discontinuité, les différences sont plus faibles entre la solution concentrée et le solide hydraté correspondant qu'entre les solutions des divers sels. De cette étude comparative entre ions cristallins et en solutions aqueuses qui n'avait pas encore été tentée, on pourrait conclure à une grande analogie entre les édifices moléculaires autour de l'ion hydraté et de l'ion en solution.

([2]) *Phys. Rev.*, **61**, 1942, p. 455.

Les bandes des états électroniques dans le chlorure anhydre et dans le chlorure à $6H_2O$ semblent très analogues entre elles et avec celles de Ni^{++} en solution aqueuse. Mais le bromure anhydre donne des résultats différents de la solution de bromure. Du chlorure au bromure anhydres, le déplacement de la discontinuité se fait bien dans le sens indiqué par la variation du terme coulombien d'interaction, vu le diamètre des ions halogènes. Les sels étudiés cristallisent dans des systèmes différents : rhomboédrique, monoclinique, orthorhombique. Les bandes d'absorption sont cependant très peu influencées; on trouve un éloignement systématique des plus lointaines, du sulfate et du nitrate hydraté par rapport au chlorure hydraté. Mais il est très difficile de préciser les observations qui portent sur des bandes larges, complexes, dont la position moyenne ne peut être située qu'avec une grosse incertitude de pointage. Les premières structures et la bande α s'étendent sur environ 25 eV; les bandes suivantes sont plus larges : environ 40 eV pour A, 38 pour β et 58 pour B et γ. La position et l'aspect des bandes A, B, β et γ se trouvent légèrement modifiés suivant les conditions d'observation.

Je n'ai retenu ici dans le Tableau que les longueurs d'onde de la discontinuité, de RB et de α. L'erreur peut porter sur le dixième d'u.X; mais le sens des déplacements indiqués par les nombres est probablement correct.

	Disc.	RB.	*m.*	Min.	Max.
Cl_2Ni anhydre	1483,13	1482,37	1481,3	1479,7	1477,5
$Cl_2Ni\ 6H_2O$	1483,14	1482,37	1480,8	1479,3	1477,5
Cl_2Ni solution saturée	1483,13	1482,21	1480,7	1479,3	1477,7
Br_2Ni anhydre	1483,56	1482,61	1481,0	1479,4	1478,1
Br_2Ni solution saturée	1483,10	1482,23	1480,8	1479,4	1477,4
$SO_4Ni\ 7H_2O$	1482,95	1482,03	1480,9	1479,0	1477,2
SO_4Ni solution saturée	1482,98	1482,20	1480,9	1479,5	1477,8
$(NO_3)_2Ni\ 6H_2O$	1482,92	1482,05	1480,6	1479,0	1477,4
$(NO_3)_2Ni$ solution saturée	1482,96	1482,08	1480,5	1479,1	1477,4

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'oxydation de l'aluminium en atmosphère sèche.* Note [1] de MM. **Nicolas Cabrera**, **Jean Terrien** et **Jean Hamon**, présentée par M. Albert Pérard.

1. On connaît l'importance pratique de l'oxydation de l'aluminium dans tous les domaines où ce métal est utilisé, en particulier dans le cas des couches minces mi-transparentes, mi-réfléchissantes, dont nous avons continué l'étude.

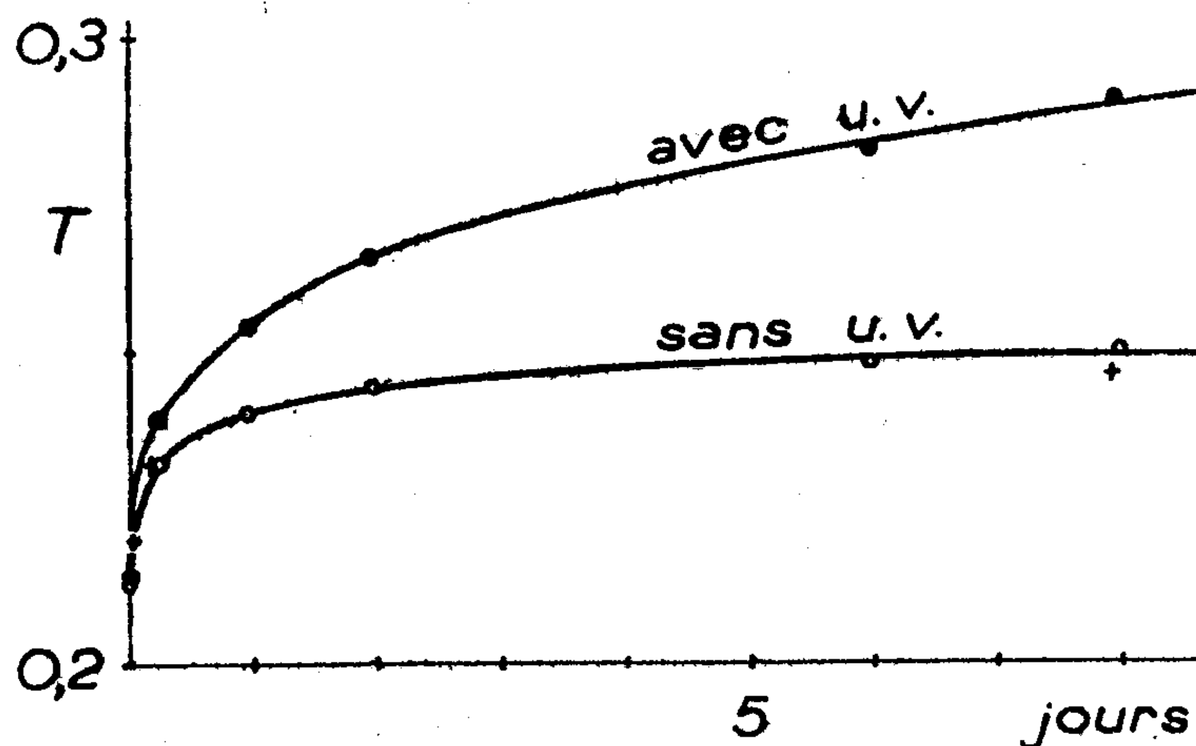
L'oxydation superficielle de l'aluminium est produite par le passage, à travers la couche d'oxyde, des atomes d'aluminium qui vont réagir avec l'oxygène adsorbé sur la surface oxyde-air. En admettant que ces atomes sont dissociés en ions Al^{+++} et en électrons libres, N. F. Mott [2] a suggéré plusieurs mécanismes possibles : *a*. le passage des ions est plus facile que celui des électrons (l'énergie

[1] Séance du 28 mai 1947.

[2] *Trans. Far. Soc.*, 36, 1940, p. 472.

W nécessaire pour transférer un ion du métal dans une position interstitielle du réseau de l'oxyde est plus petite que l'énergie Φ nécessaire pour faire sauter un électron du métal dans la bande de conductibilité de l'oxyde); *b*. le passage des électrons est plus facile que celui des ions ($W > \Phi$). Mott a d'abord supposé que l'aluminium correspondait au cas *a*, pour lequel la croissance de la couche d'oxyde est retardée par le passage des électrons. L'un de nous ([3]) a montré que, dans ce cas, il faudrait s'attendre à une augmentation très sensible de la vitesse d'oxydation par irradiation avec une lumière de fréquence telle que $h\nu > \Phi$.

2. Des expériences préliminaires avaient montré que cet effet photoélectrique ne se produisait pas, même avec l'ultraviolet. Nous avons repris ces expériences dans les conditions suivantes : Des couches d'aluminium transparentes ont été obtenues par évaporation dans un vide de 10^{-5} mmHg; on a ensuite suivi la variation des facteurs de transmission (T) et de réflexion (R) en fonction du temps. Deux de ces couches, ayant sensiblement la même épaisseur d'aluminium, ont été placées dans deux enceintes séchées à l'anhydride phosphorique. Sur l'une des couches, on a fait tomber le rayonnement d'un arc au mercure en quartz après traversée d'un centimètre d'eau et d'une fenêtre en quartz. L'eau avait pour but d'éliminer l'infrarouge et l'ultraviolet lointain, en particulier la raie 185 mμ qui pourrait produire une certaine quantité d'ozone dans l'enceinte. La figure montre la variation de T en fonction



du temps pour les deux couches. On observe une faible action de l'ultraviolet qui est néanmoins plus petite que celle que l'on prévoit si l'on admet que c'est le passage des électrons qui retarde l'oxydation.

On en conclut que l'aluminium correspond plutôt au cas (*b*) considéré ci-dessus, pour lequel c'est le passage des ions qui contrôle l'oxydation, et dans ce cas l'ultraviolet ne doit donner *aucune* action. Mott ([4]) a d'ailleurs fait une

([3]) N. Cabrera, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 111.
([4]) *Trans. Far. Soc.* (sous presse); *J. de Chim. Phys.* (sous presse).

nouvelle théorie en se basant sur cette hypothèse, théorie qui cadre mieux avec certaines expériences sur l'oxydation anodique. Il reste à expliquer la faible action de l'ultraviolet constatée dans nos expériences. Elle est peut-être due à ce que la théorie suppose une dissociation complète des atomes d'aluminium dissous dans l'oxyde. S'il y a une certaine association, l'ultraviolet peut la détruire et augmenter ainsi le nombre des ions qui diffusent à travers la couche d'oxyde.

3. W. Walkenhorst ([5]) a déjà constaté une accélération de l'oxydation en présence de l'ultraviolet; mais il l'a attribuée à la formation d'ozone. Dans nos expériences, il n'est pas certain que nous ayons évité complètement l'ozone; il était donc nécessaire d'étudier indépendamment son action. Pour cela nous avons soumis une autre couche d'aluminium, ayant sensiblement la même épaisseur que les deux précédentes, à l'action d'une atmosphère très concentrée en ozone produite d'après la méthode utilisée par E. Vassy ([6]); la vapeur d'eau était éliminée par l'anhydride phosphorique. Sur la figure, nous avons porté la variation de T pour cette couche en y représentant les points correspondants par des croix. On constate que la variation est sensiblement la même que celle de l'échantillon resté dans l'air sec; l'augmentation de l'oxydation observée sous l'action de l'ultraviolet n'est donc pas due à la faible concentration d'ozone qui a pu être produite. Ce résultat montre aussi que, même en présence d'ozone, l'oxydation est contrôlée par la diffusion des ions Al^{+++} par les positions interstitielles du réseau de l'oxyde; dans ces conditions l'oxydation est indépendante de la pression d'oxygène ou d'ozone.

Il y a un autre mécanisme possible pour la diffusion des ions métalliques, lorsque l'énergie nécessaire pour ajouter des ions O^{--} à la surface oxyde-air est plus faible que W. Dans ce cas, on crée sur cette surface simultanément des points réticulaires métalliques vides qui se déplacent à partir de la surface oxyde-air jusqu'à la surface métal-oxyde, et l'oxydation est fonction de la pression (cas du cuivre). On aurait pu penser qu'une oxydation analogue se serait produite dans le cas de l'aluminium en présence d'ozone, nous venons de voir qu'il n'en est rien.

PHOTOCHIMIE. — *Sur l'oxydation des graisses et sa mesure.* Note de M. **André Chevallier**, M^lle **Simone Manuel** et M. **Constant Burg**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Poursuivant nos recherches sur les réactions des carbures cancérigènes au contact des graisses animales ([1]), nous avons constaté en utilisant la graisse sous-cutanée de Cobaye ou de Rat que la valeur de l'absorption au niveau des courtes longueurs d'onde, dans la région de 2400-2500 Å, subit des modifi-

([5]) *Zeits. tech. Phys.*, **22**, 1941, p. 14.

([6]) *Ann. de Phys.*, 8, 1937, p. 679.

([1]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 824.

cations considérables du seul fait de l'exposition du produit à la lumière naturelle diffuse pendant quelques dizaines de minutes.

1. *Conditions d'extraction et de manipulation.* — Toutes les opérations sont effectuées dans une pièce éclairée par une lampe électrique de très faible éclat. Le tissu adipeux sous-cutané prélevé chez un cobaye est extrait à froid en présence d'une quantité suffisante de sulfate de sodium anhydre par l'éther de pétrole, fraîchement distillé. La solution lipidique, titrée, est déposée en couche mince sur du papier filtre.

Dès que l'étalement est terminé, on prélève une pastille qui, après fragmentation, est plongée et agitée dans un mélange contenant 20 % d'éther de pétrole dans l'éthanol. Cette solution, convenablement diluée dans l'éthanol, permet d'établir la courbe d'absorption dans l'ultraviolet de 50 en 50 Å depuis 2300 jusqu'à 3000 Å de ce prélèvement initial qui servira de témoin.

2. *Action de la lumière du jour diffuse.* — Un certain nombre d'échantillons sont placés dans une pièce éclairée normalement par la lumière du jour. L'éclairement, mesuré au luxmètre, variait au cours de nos expériences entre 2000 et 3000 lux.

Après des expositions variant de 1 heure à 6 heures, on mesure aussitôt l'absorption des échantillons dans l'ultraviolet. Les courbes obtenues montrent peu de modifications jusqu'à 2650 Å, mais à partir de ce point vers les courtes longueurs d'onde on assiste à un accroissement considérable et progressif de l'absorption. De plus, si on examine non pas immédiatement l'absorption de l'échantillon exposé à la lumière, mais après un séjour prolongé à l'obscurité, on constate, par rapport à un autre échantillon ayant subi la même exposition, un accroissement très notable des modifications initiales de l'absorption. La lumière a donc déclenché un processus qui se poursuit à l'obscurité et qui se rattache aux réactions catalytiques.

3° *Action du rayonnement filtré de la lampe à vapeur de mercure.* — Pour obtenir un phénomène plus régulier et indépendant des conditions atmosphériques, nous avons utilisé une lampe à vapeur de mercure dont le rayonnement ultraviolet inférieur à 3400 Å était arrêté par une lame de verre d'épaisseur convenable.

Nous avons constaté, dans ces conditions, le même phénomène qu'avec la lumière diffuse et avec une régularité remarquable. L'étude des familles de courbes d'absorption obtenue en fonction du temps d'irradiation montre que pour 2400 Å, notamment, l'accroissement de l'absorption est une droite dans un domaine très étendu. C'est ainsi que les valeurs d'absorption ($\log I_0/I$, cm) pour 2400 Å pour des irradiations de 1, 2, 3, 4 heures ont été les suivantes : 0,242, 0,410, 0,550, 0,680 pour une absorption initiale de 0,092.

La précision de notre méthode spectrophotométrique ([2]) nous permettant

([2]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 452.

une évaluation à $\pm 0,002$, peut donc en suivant les variations de 2400 Å apprécier très convenablement la réaction.

4. *Relation entre les modifications constatées et la fixation de l'oxygène.* — Plusieurs faits semblent permettre d'établir une telle relation.

A. Si l'on mesure par la méthode manométrique de Warburg l'absorption d'oxygène sur deux échantillons d'une même graisse, dont l'un a été maintenu à l'obscurité avant et pendant la mesure et l'autre exposé à la lumière avant et pendant la mesure, on constate que le premier ne manifeste pas d'absorption d'oxygène mesurable pendant un temps très prolongé alors que le second détermine immédiatement une fixation d'oxygène très nette. Cette fixation d'oxygène s'accompagne du reste d'une ascension concomitante du point correspondant à 2400 Å.

B. Nous avons observé que la période d'induction qui est classiquement décrite lors de l'observation des graisses par la méthode de Warburg se trouve considérablement prolongée lorsque les chambres manométriques se trouvent placées à l'obscurité.

C. Les modifications décrites sont très sensibles à l'action de la chaleur. Si à l'obscurité on élève la température d'un échantillon, on constate un accroissement très marqué de l'absorption de la région 2400 Å, semblable à celle obtenue par irradiation.

Cette méthode permet donc de mesurer avec une grande sensibilité l'oxydation des graisses et de définir un indice d'oxydation basé sur l'accroissement de l'absorption à 2400 Å. Les variations de cet indice paraissent très grandes d'une graisse à une autre. C'est ainsi que la graisse du Cobaye s'avère beaucoup plus oxydable que celle du Rat.

Il faut remarquer enfin que cette réaction, étudiée sur les graisses totales, ne s'observe pas sur la fraction insaponifiable de ces substances.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la mesure de la surface spécifique des poudres de silice.* Note de M^me^ **Françoise Balma-Perrier** et M. **Eugène Darmois**, présentée par M. Paul Pascal.

Au cours de recherches sur les complexes du type émétique, l'un de nous a montré autrefois (1) que l'émétique n'est pas du tout formé par éthérification, comme on le supposait dans la théorie de Jungfleisch, mais que sa formation est immédiate si l'antimoine se trouve à l'état naissant. On a été ainsi amené à l'étude des mélanges d'acide tartrique et de fluorure d'antimoine; le mélange $C_4H_6O_6 + F_3Sb$, dissous dans l'eau, montre alors un comportement différent suivant qu'il se trouve conservé dans un récipient en platine ou en verre. Dans le platine, le pouvoir rotatoire reste inchangé; dans le verre il varie avec le temps. Si le mélange a la concentration 0,5 M, pour la raie verte du mercure

(1) E. Darmois, *Bull. Soc. Chim. Belgique*, 36, 1927.

sous 2^{dm}, la rotation varie de 4°,50 à 23°,0. Nous avons expliqué cette variation en admettant que le fluor de F_3Sb est consommé petit à petit dans l'attaque du verre, l'antimoine se combinant à l'acide tartrique pour donner l'acide antimoniotartrique, très actif. La vitesse de la mutarotation mesure ainsi celle d'attaque du verre.

André Violet ([2]) a montré que cette réaction était du type monomoléculaire; la courbe $\log(\alpha_\infty - \alpha_t)$ en fonction de t est une droite dont la pente k peut mesurer la vitesse de réaction. Il a vérifié que *cette vitesse est exactement proportionnelle à la surface de l'échantillon attaqué*, à température, concentration et volume de solution égaux.

C'est ce dernier résultat que nous avons utilisé pour étudier l'attaque de la silice par le mélange acide + fluorure. Les expériences ont porté : 1° sur des baguettes de silice fondue transparente de 2^{mm} de diamètre, 15^{mm} de longueur environ, la surface totale attaquée étant 430^{cm^2}; les baguettes ont été nettoyées au mélange sulfochromique, rincées, séchées; 2° sur de la poudre de silice obtenue par trituration des mêmes baguettes, passage au tamis n° 150, nettoyage, rinçage, séchage; 3° sur de la silice précipitée obtenue : *a.* soit par $F_4Si + H_2O$; *b.* soit par HCl et SiO_3Na_2 purs; dans les deux cas *a* et *b* la silice a été lavée à fond, séchée à 100° et déshydratée à des températures et pendant des temps variables. Les solutions 0,5 M du mélange acide + fluorure sont mises au contact de la silice dans un vase en duroïd, inattaquable par HF, maintenu à 30° et agité régulièrement. Les mesures de mutarotation sont faites dans un tube en duroïd avec galets en plexiglass (raie verte du mercure; $l = 2^{dm}$); la mesure est faite après filtration rapide de la solution; chaque mesure exige une nouvelle solution. La pente k est évaluée en unités arbitraires.

Une première série d'expériences a été faite pour éprouver la méthode avec : 1° les baguettes de surface 430^{cm^2} : pente 64. 2° $1^g,5$ de poudre (2): pente 225. La surface calculée est $430, 225/64 \cong 1500^{cm^2}$, soit 1000^{cm^2} par gramme. 3° $0^g,5$ de silice obtenue par le procédé (*b*), chauffée au rouge blanc : pente 2310. Surface calculée 15520^{cm^2}, soit 31000^{cm^2} par gramme.

Des mesures approchées de la surface de la poudre (2) ont été faites, d'abord au microscope, en admettant que les grains sont sphériques (résultat 1300^{cm^2} par gramme), ensuite par adsorption de fuchsine-diamant et comparaison de la solution avant et après adsorption au colorimètre Duboscq (résultat 800^{cm^2} par gramme). Il semble donc qu'on puisse avoir confiance dans la méthode.

Cette même méthode a alors servi pour suivre les variations de surface d'une poudre de silice lors des traitements thermiques qu'on lui fait subir. On vérifie qu'une calcination de 2 heures est suffisante à toute température égale ou supérieure à 280° pour obtenir une poudre à propriétés constantes. Le tableau ci-après donne des résultats relatifs aux poudre (*a*) et (*b*).

([2]) Diplôme d'Études supérieures, Paris, 1935.

(*a*) Silice préparée par $F_4Si + H_2O$.

Temp. de calcination.	Surface pour 1 g.
280.......	6,1.10³ cm²
450.......	2,87 »
630.......	1,76 »
980.......	0,9 »
1270.......	0,3 »

(*b*) Silice préparée par $HCl + SiO_3Na_2$.

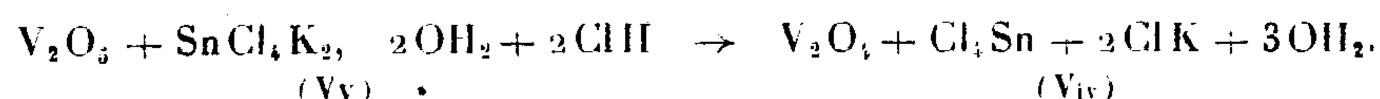
Temp. de calcination.	Surface pour 1 g.
630.......	5,4.10³ cm²
980.......	0,5 »
1270.......	0,055 »

Pour la silice (*b*), la surface est tellement grande pour les températures de calcination inférieures à 500° qu'il est impossible d'obtenir *k* avec précision à 30°C. Il faudra opérer à 0° où la vitesse d'attaque est plus faible. Il n'est pas douteux toutefois que la surface varie avec le mode de préparation, l'action de la température étant considérable et beaucoup plus forte pour la silice (*b*). Les propriétés catalytiques de la poudre doivent être modifiées de la même façon; des indications qualitatives dans ce sens existent déjà dans la littérature.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Emploi du stannochlorure de potassium dihydraté dans le dosage volumétrique du vanadium et du molybdène.* Note [1] de M. **Tryphon Karantassis** et Mlle **Catherine Stathi.**

Il existe actuellement plusieurs méthodes de dosage du vanadium et du molybdène. Nous croyons néanmoins pouvoir présenter une nouvelle méthode, basée sur l'emploi du stannochlorure de potassium dihydraté, dont nous avons déjà étudié la préparation et les propriétés [2].

Dosage du vanadium. — Un des procédés volumétriques pour le dosage du vanadium est basé sur la réduction d'une solution vanadique par le chlorure stanneux [3], mais ce procédé n'est pas précis à cause de l'altération des solutions du Cl_2Sn. En remplaçant le chlorure stanneux, le vanadium pentavalent se réduit en présence d'acide chlorhydrique en vanadium tétravalent suivant l'équation



$$\underset{(V_V)}{V_2O_5} + SnCl_4K_2,\ 2OH_2 + 2ClH \rightarrow \underset{(V_{IV})}{V_2O_4} + Cl_4Sn + 2ClK + 3OH_2.$$

La réduction doit se faire en atmosphère de gaz carbonique et en solution fortement acidulée par l'acide chlorhydrique, pour éviter une oxydation de la solution du $SnCl_4K_2$, $2OH_2$ par l'oxygène dissous dans l'eau et par suite une hydrolyse du sel stannique formé.

Mode opératoire. — On prépare une solution vanadique de concentration connue. On dissout 2^g d'oxyde vanadique (V_2O_5) dans l'acide sulfurique concentré et l'on y ajoute de l'eau jusqu'à 1000^{cm^3}. On prélève quelques centimètres cubes de cette solution (soit 20^{cm^3}, 50^{cm^3}), on y ajoute 100^{cm^3} d'eau et 20^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré ($d = 1,19$). On y ajoute immédia-

(1) Séance du 12 mai 1947.

(2) T. Karantassis et L. Capatos, *Comptes rendus*, 194, 1938, p. 1932.

(3) Warynski et Mdivani, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 3, 1908, p. 626.

tement 2g de bicarbonate de sodium dissous dans 200cm³ d'eau distillée et bouillie, et ensuite 0g,1873 de stannochlorure de potassium dihydraté pulvérisé.

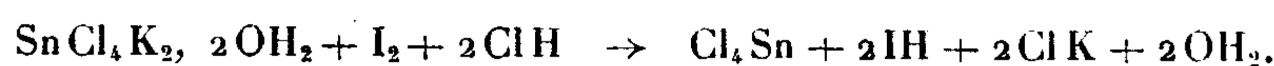
La réduction est immédiate et la solution se décolore. Après addition d'empois d'amidon, on dose l'excès du stannochlorure de potassium par une solution décinormale d'iode, suivant l'équation

$$SnCl_4K_2,\ 2OH_2 + I_2 + 2ClH \rightarrow Cl_4Sn + 2IH + 2ClK + 2OH_2.$$

Les résultats comparatifs avec les deux méthodes volumétriques utilisées jusqu'à présent pour le dosage du vanadium sont données ci-dessous :

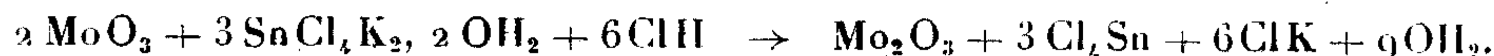
Tableau I.

Quantité de V_2O_5 trouvée.
Réducteurs employés.



Volume de solution vanadique prélevée.	O_2S et SO_3Na_2.		Cl_2Sn.		$SnCl_4K_2$, $2OH_2$.	
I. Solution à 2 ‰ :						
10cm³......	0,01999	1,999 ‰			0,0200	2,000 ‰
20.........	0,04006	2,003	0,0427	2,135 ‰	0,04009	2,004
30.........	0,06086	2,028	0,0643	2,14	0,06090	2,030
40.........	0,10245	2,049	0,1095	2,190	0,1030	2,060
II. Solution à 1 ‰ :						
8.........	0,00800	1,00	0,0088	1,10	0,00850	1,0060
30.........	0,13039	1,013	0,0330	1,10	0,03024	1,008
40.........	0,04060	1,015	0,0448	1,120	0,04105	1,012

Dosage du molybdène. — Pour le dosage volumétrique du molybdène nous proposons la méthode suivante basée sur la réduction d'une solution molybdénique par le stannochlorure de potassium dihydraté, suivant l'équation



$$2MoO_3 + 3SnCl_4K_2,\ 2OH_2 + 6ClH \rightarrow Mo_2O_3 + 3Cl_4Sn + 6ClK + 9OH_2.$$

La réduction doit se faire en atmosphère de gaz carbonique et en solution fortement acidulée par l'acide chlorhydrique, comme il a été indiqué précédemment pour le dosage de vanadium.

Mode opératoire. — On dissout dans l'acide sulfurique concentré 1g de MoO_3 et l'on ajoute de l'eau jusqu'à 1000cm³.

On prélève quelques centimètres cubes de cette solution (soit 10cm³, 20cm³,30, ...). On ajoute 100cm³ d'eau et 20cm³ d'acide chlorhydrique concentré ($d = 1,19$). On y ajoute 2g de bicarbonate de sodium dissous dans 200cm³ d'eau distillée et bouillie et ensuite 0g,1873 de stannochlorure de potassium dihydraté pulvérisé.

On constate un changement immédiat de la couleur qui montre la réduction de la liqueur. L'excès du stannochlorure de potassium est dosé par une solution décinormale d'iode. Les résultats comparatifs avec la méthode gravimétrique utilisée jusqu'à présent pour le dosage du molybdène sont donnés ci-après :

TABLEAU II.

Volume de la solution à 1 °/₀₀ prélevée.	Quantité de MoO_3 trouvé. Méthode gravimétrique sous forme de MoO_4Pb.		Méthode volumétrique réducteur $SnCl_4K_2 2OH_2$.	
10^cm³	0,0100	1,000 °/₀₀	0,01003	1,003 °/₀₀
20	0,02002	1,001	0,02014	1,007
30	0,03003	1,002	0,02941	0,980
40	0,0401	1,002	0,03912	0,978
50	0,0502	1,004	0,0489	0,978

Conclusions. — Les méthodes proposées jusqu'ici pour le dosage de ces deux éléments présentent des difficultés d'exécution ou sont peu précises. Nous pensons que l'emploi du stannochlorure de potassium dihydraté permet de les remplacer avantageusement.

L'examen des tableaux donnés ci-dessus permet de conclure que les solutions étendues de vanadium et de molybdène conduisent à des résultats plus précis que celles plus concentrées.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouvelle méthode de dosage de la nicotine dans les feuilles de tabac par codistillation glycolique.* Note [1] de MM. **Léon Palfray** (†), **Sébastien Sabetay** et Mme **Gabrielle Libmann-Metayer**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La nicotine est un alcaloïde à forte action physiologique et un insecticide d'une grande puissance. On a souvent besoin de la doser dans les produits commerciaux et industriels qui en renferment et particulièrement dans les feuilles de tabac.

De très nombreuses méthodes de dosage ont donc été proposées dans les divers pays où la culture du tabac et son exploitation sont particulièrement importantes. Elles sont basées soit sur la précipitation, après entraînement ou extraction préalables, au moyen d'un acide organique ou minéral (picrique, silicotungstique, etc.), soit sur la neutralisation volumétrique au moyen d'un acide minéral.

Toutes ces méthodes sont laborieuses et demandent souvent un appareillage dont on ne dispose pas partout. C'est pourquoi L. Palfray, S, Sabetay et F. Pairault [2] ont pensé qu'une méthode simple et rapide pourrait rendre de grands services. Cette méthode est basée sur la codistillation glycolique, sous vide, en milieu alcalin, elle permet de doser la nicotine en présence d'ammoniac dans le sulfate de nicotine, le tabac (en feuilles, en poudre ou sous toute autre forme commerciale). Cette méthode se rattache à la codistillation glycolique que S. Sabetay [3] avait déjà appliquée à l'analyse des essences concrètes et absolues et au dosage de l'huile essentielle dans les drogues et les épices.

(1) Séance du 28 mai 1947.
(2) *Bull. Soc. chim. Fr.*, [5], 10, 1943, p. 399.
(3) *Ann. Chim. anal.*, 21, 1939, p. 173; 22, 1940. p. 217.

Nous avons repris ce travail et les résultats obtenus se sont montrés très encourageants.

Une étude systématique de l'influence des divers facteurs nous a vite amenés à fixer les conditions du dosage.

L'appareillage que nous avons utilisé consiste en un ballon Claisen à distiller (capacité de 300^{cm^3}, à colonne Vigreux à trois plateaux) muni d'un thermomètre, d'un récepteur et d'une ampoule permettant d'introduire du glycol éthylénique au cours de la distillation. Un tube de verre à pointe effilée, muni à sa partie supérieure d'un caoutchouc et d'une pince de Mohr, sert de capillaire. Le ballon à distiller est placé dans un bain d'huile ou de métal.

La distillation sous vide permet d'éliminer les bases autres que la nicotine et ses satellites, l'ammoniac en particulier, qui partent dans la trompe.

Nous avons établi qu'en chauffant sous vide quelques minutes au-dessous du point d'ébullition du glycol, l'élimination de l'ammoniac était totale. Ceci est très important, car la moindre trace de NH_3 fausserait le calcul de façon notable, étant donné son faible poids moléculaire et son comportement identique à la nicotine lors du titrage volumétrique.

Nos expériences faites sur des échantillons de sulfate de nicotine et de tabac, concurremment soit avec la méthode gravimétrique à l'acide picrique, soit avec la méthode volumétrique des Manufactures Françaises des Tabacs (méthode Schlœsing) ont permis d'établir que notre méthode est fidèle et qu'elle nous donne des résultats en parfait accord avec ces méthodes.

Pour doser la nicotine dans le sulfate de nicotine, on pèse de 0,5 à 2^g, suivant la concentration de l'échantillon en nicotine, auxquels on ajoute la moitié de son poids de potasse et 100^{cm^3} de glycol. Après un préchauffage sous vide de 5 à 10 minutes, on ajoute deux fois 50^{cm^3} de glycol au cours de la distillation. On distille sous 15^{mm} et l'on recueille 180^{cm^3} de distillat. Après addition d'eau on neutralise l'alcaloïde par une solution de SO_4H_2 N/20 en présence de quelques gouttes d'indicateur (mélange à parties égales d'une solution alcaline de rouge de méthyle et d'une solution aqueuse de bleu méthylène).

Pour doser la nicotine dans le tabac, on pèse 1^g (Scaferlatis, poudre etc.) pour les tabacs riches et 3 à 5 grammes pour les tabacs moyennement riches ou pauvres en nicotine. On ajoute 2 % de potasse et 200^{cm^3} de glycol. On codistille après un préchauffage de 10 minutes, puis on procède comme précédemment. On calcul le pourcentage en nicotine, en tenant compte de l'humidité initiale, d'après la formule $(x^{cm^3}\, SO_4H_2\ N/20 \times 0,81)/p$ (en grammes) et l'on considère tous les satellites de la nicotine comme étant de la nicotine.

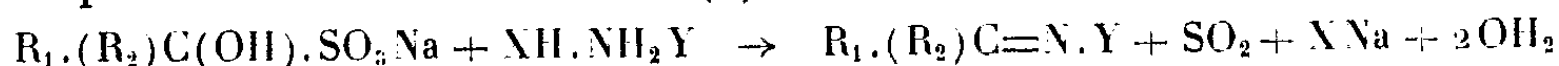
Nous avons appliqué notre méthode à diverses variétés de tabac et les résultats furent satisfaisants. C'est ainsi que nous avons trouvé pour un tabac de Dordogne 0,86 et 0,83 % (méthode Schlœsing : 0,84 et 0,89; méthode à l'acide picrique : 0,82 %); Dordogne lourd 1,97, 1,94 et 1,98 % (Schlœsing : 1,99), Dordogne lourd 2,45, 2,42, et 2,42 % (Schlœsing : 2,44);

Dordogne 3,35, 3,33 % (Schlœsing: 3,35, acide picrique 3,33); origine inconnue 4,10, 4,10 et 4,11 % (Schlœsing: 4,10; acide picrique: 4,09). Seul le tabac Nijkerk, dont on extrait difficilement la nicotine par toutes les autres méthodes connues, nous a donné des résultats fortement déficitaires.

En résumé, nous avons mis au point une nouvelle méthode de dosage de la nicotine. Cette méthode, simple et rapide, peut rendre des services lorsqu'il s'agit d'effectuer des dosages répétés ou en série. La même méthode pourra probablement-être appliquée au dosage d'autres alcaloïdes volatifs tels : la spartéine dans le genêt et la conicine dans la ciguë.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode de préparation des dérivés azotés des corps carbonylés.* Note [1] de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours de mes recherches sur les composés contenant le groupe azométhinique, $>C=N-$, j'ai été conduit à préparer ces substances par divers procédés et en particulier par action des combinaisons bisulfitiques des corps carbonylés sur les sels (chlorhydrate, sulfate, etc.) des bases azotées correspondantes suivant le schéma [2]



$$R_1.(R_2)C(OH).SO_3Na + XH.NH_2Y \rightarrow R_1.(R_2)C{=}N.Y + SO_2 + XNa + 2OH_2$$

(où R_1, R_2 = alcoyles, aryles, hydrogène; X = acide; Y = OH, $O.CH_2.C_6H_5$, $NH.C_6H_5$, $N(CH_2.C_6H_5).C_6H_5$, $NH.CO.NH_2$, C_6H_5; $NY{=}N(:O)CH_2.C_6H_5$).

Ce procédé de préparation des dérivés azotés des composés carbonylés est plus avantageux que ceux utilisés jusqu'à présent, en particulier dans le cas des bases et des corps carbonylés altérables à l'état libre et réagissant difficilement.

J'ai obtenu ces dérivés avec un rendement, en général, quantitatif, en mélangeant des quantités équimoléculaires des combinaisons bisulfitiques des corps carbonylés et des sels de bases en milieu aqueux, hydroalcoolique ou benzénique à la température ordinaire ou à l'ébullition du solvant, selon les propriétés des substances réagissantes et des composés azométhiniques.

J'ai préparé par ce procédé les composés suivants :

I. *Oximes.* — Du benzaldéhyde (P. F. 34°), du *p*-toluylaldéhyde (P. F. 78°; $É_{<1mm}$ 117°), de l'anisaldéhyde (P. F. 64°), de l'aldéhyde isobutyrique ($É_{756}$ 140°) et de l'acétone (P. F. 60°).

II. *O-benzyloximes.* — Du benzaldéhyde ($É_{5mm}$ 172°), du *p*-toluylaldéhyde ($É_{6mm}$ 180°), de l'anisaldéhyde (P. F. 46°, 5) et de l'acétone.

III. *N-benzyloximes.* — Du benzaldéhyde (P. F. 83°), du *p*-toluylaldéhyde (P. F. 119°) et de l'anisaldéhyde (P. F. 109°).

IV. *Phénylhydrazones.* — Du benzaldéhyde (P. F. 156°), du *p*-tonyl-

---

(1) Séance du 28 mai 1947.

(2) Il est évident que cette réaction n'est applicable que dans le cas des corps carbonylés pouvant se combiner avec le bisulfite de soude.

aldéhyde (P.F. 121°), de l'anisaldéhyde (P.F. 122°), de l'aldéhyde isobutyrique [3] ($É_{12}$ 138°) et de l'acétone ($É_{12}$ 134°).

V. *Benzylphénylhydrazones*. — Du benzaldéhyde (P. F. 111°), du *p*-toluylaldéhyde (P. F. 141°), de l'anisaldéhyde (P. F. 136°) et de l'aldéhyde isobutyrique, $C_{10}H_{14}N_2$ ($É_{17}$ 175-177°).

VI. *Semicarbazones*. — Du benzaldéhyde (P. F. 235°, déc.), du *p*-toluylaldéhyde (P. F. 231°, déc.), dé l'anisaldéhyde (P. F. 216°, déc.), de l'aldéhyde isobutyrique (P. F. 126°, déc.) et de l'acétone (P. F. 191°, déc.).

VII. *Aniles*. — Du benzaldéhyde (P. F. 56°) et de l'anisaldéhyde (P. F. 59°).

Remarque. — Ces aniles ont été préparées en chauffant des quantités équimoléculaires des combinaisons bisulfitiques des aldéhydes avec le chlorhydrate de l'aniline en suspension dans le benzène jusqu'à cessation de dégagement de SO_2. J'ai constaté que le mélange à chaud des solutions aqueuses des qnantités équimoléculaires de la combinaison bisulfitique du benzaldéhyde et du chlorhydrate de l'aniline est accompagné d'une précipitation instantanée non pas de l'anile du benzaldéhyde, mais des combinaisons du benzaldéhyde, de l'aniline et de l'acide sulfureux, en particulier de la combinaison $C_{13}H_{15}O_4NS$ (P.F. 135°) :

$$C_6H_5.NH_2, HSO_3.(OH).CH.C_6H_5.$$

Je poursuis ces recherches dans le cas des quinones.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la nitration de l'acide chloro-2 naphtalène sulfonique-1*. Note de MM. **Henri Wahl** et **Helmy Basilios**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acide chloro-2 naphtalène sulfonique-1 dont nous avons montré l'utilisation pour la préparation rapide du chloro-2 naphtalène [1], se nitre aisément par simple introduction d'un de ses sels pulvérisés au sein d'un excès d'acide nitrique concentré et froid.

Il résulte de cette réaction un mélange complexe de dérivés dont les uns sont insolubles dans l'eau par suite de l'élimination du groupe sulfonique, tandis que les autres, solubles dans l'eau, constituent un mélange d'acides nitrochloronaphtalène sulfoniques.

Les produits non sulfonés se présentent sous la forme d'un mélange fondant vers 150-160°. Par deux cristallisations successives dans l'acide acétique cristallisable, nous avons isolé un composé moins soluble, cristallisant en aiguilles presque incolores fondant à 175-176°. L'analyse correspond à la formule $C_{10}H_5O_4N_2Cl$ d'un dinitrochloronaphtalène.

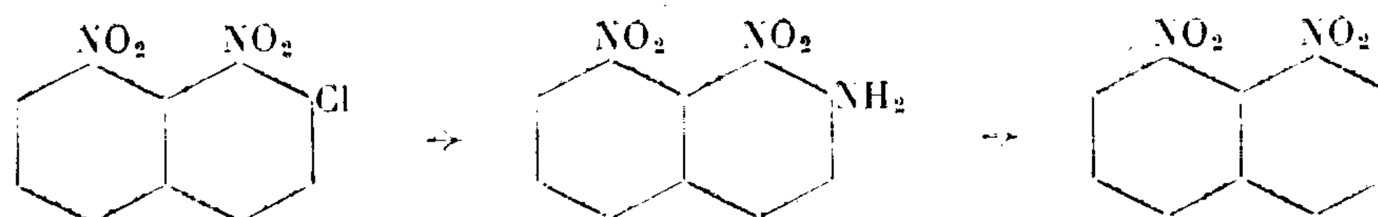
Si la place d'un des groupes nitrés est, selon toute vraisemblance, celle du

(3) Il se forme à côté de la phénylhydrazone de l'aldéhyde isobutyrique une très petite quantité de α-β-diméthylindol.

(1) Henri Wahl et Helmy Basilios, *Bull. Soc. Chim.*, 1947 (à l'impression).

groupe sulfonique-1 qui a été éliminé, il n'est pas aussi aisé de prévoir celle du second de ces groupes nitrés. En effet, la littérature signale bien deux dérivés dinitrés du chloro-2 naphtalène obtenus, l'un et l'autre, par Scheid ([2]) dans la nitration du chloro-2 naphtalène, mais les propriétés de ces deux isomères sont si semblables qu'il est difficile de les distinguer.

Le premier, de constitution certaine, le dinitro-1.8 chloro-2 naphtalène fond à 175°; il cristallise en petites aiguilles jaunes. Son atome de chlore est très mobile et l'ammoniaque à 130° le transforme en une dinitronaphtylamine-2, F 222°, dont la structure résulte de sa transformation en dinitro-1.8 naphtalène par l'intermédiaire du dérivé diazoïque



L'autre isomère, considéré comme étant le dinitro-1.6 chloro-2 naphtalène, se forme dans des conditions légèrement différentes. Il fond à 174° et cristallise également en aiguilles; l'ammoniaque le transforme en une dinitronaphtylamine F 218° que Scheid a cru pouvoir identifier avec la dinitro-1.6 naphtylamine-2 de Gaess (qui donne à son produit un point de fusion de 238°) par le seul fait qu'il a isolé un diazo-oxyde par décomposition alcoolique du diazoïque correspondant, ce qui est le cas du produit de Gaess ([3]).

Notre incertitude est devenue encore plus grande lorsqu'en voulant comparer notre produit avec ceux de Scheid nous avons été incapables, en suivant, dans toute la mesure du possible, les indications de Scheid, d'obtenir les deux dérivés F 175° et F 174°. Le seul produit obtenu par cristallisations répétées du produit de nitration du chloro-2 naphtalène fond à 175-176° et est absolument identique avec le produit décrit plus haut dans la nitration de l'acide sulfonique. Il était donc nécessaire d'en déterminer la constitution directement.

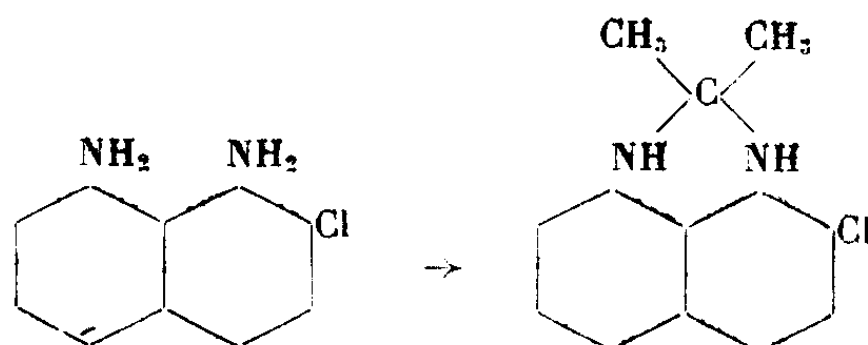
Opérant d'abord selon la méthode de Scheid, nous avons constaté que l'action de l'ammoniaque donne quantitativement une dinitronaphtylamine-2 qui est bien la dinitro-1.8 naphtylamine-2, car l'élimination du groupe aminé donne le dinitro-1.8 naphtalène.

De plus, la réduction du dinitrochloronaphtalène, soit par le fer selon Hodgson ([4]), soit plus simplement par l'hydrogène en présence de nickel de Raney à pression et température ordinaires, conduit à une nouvelle *chloro-2 naphtylènediamine* qui fond à 67°, très soluble dans la plupart des solvants, sauf l'éther de pétrole, en paillettes presque incolores à l'état pur, mais se colorant très vite à l'air. La position en *péri* des deux groupes aminés est

---

([2]) *Ber. d. chem. Ges.*, **34**, 1901, p. 1813.
([3]) *Ibid.*, **27**, 1894, p. 1213; *Jour. f. prakt. Chem.*, 2e série, **43**, 1891, p. 33.
([4]) *J. Chem. Soc.*, 1942, p. 723.

démontrée par la formation immédiate d'une *chloro-9 diméthyl-2 périmidine* cristallisée, F 110°, par l'action de l'acétone selon la réaction ([5]) :



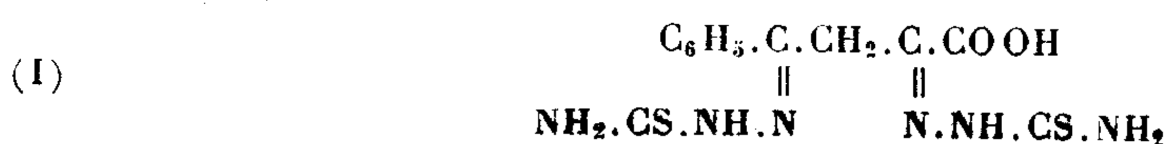
Conclusion. — La nitration de l'acide chloro-2 naphtalène sulfonique-1 conduit à un mélange d'où l'on a séparé jusqu'ici le dinitro-1.8 chloro-2 naphtalène. Ce même produit résulte aussi de la nitration du chloro-2 naphtalène lui-même. Il n'a pas été possible de retrouver le produit décrit par Scheid comme étant l'isomère-1.6.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide benzoylpyruvique : différence d'activité de la semicarbazide et de la thiosemicarbazide.* Note de MM. **Eugène Cattelain** et **Pierre Chabrier**, présentée par M. Marcel Delépine.

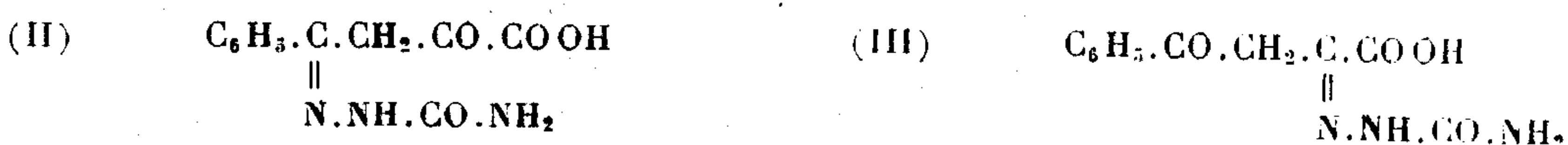
L'objet de cette Note est de montrer la différence d'activité entre la semicarbazide et la thiosemicarbazide vis-à-vis de la fonction cétone.

Cette différence a été observée au cours d'une étude sur l'acide benzoylpyruvique $C_6H_5.CO.CH_2.CO.COOH$ et se traduit ainsi : malgré la présence de deux groupes cétoniques, l'acide benzoylpyruvique ne fixe qu'une seule molécule de semicarbazide, tandis qu'il fixe deux molécules de thiosemicarbazide. A cette différence si nette d'activité, s'ajoute la particularité que la monosemicarbazone de l'acide benzoylpyruvique, qui n'est plus apte à fixer une deuxième molécule de semicarbazide, est également inapte à réagir avec une molécule de thiosemicarbazide. Ainsi, la combinaison avec une molécule de semicarbazide a modifié la capacité réactionnelle du deuxième groupe cétonique, sans doute en l'isomérisant sous forme énolique.

La formule de la dithiosemicarbazone (F 168°) n'est pas douteuse (I)



Celle de la monosemicarbazone (F 170°) peut être représentée par les schémas (II) ou (III)



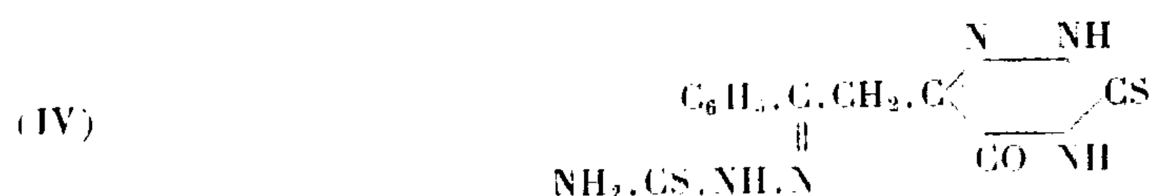
Pour en décider, nous avons essayé [en admettant d'abord la formule (III)] de la cycliser au moyen des alcalis dilués : J. Bougault ([1]) a montré, en effet,

([5]) Nomenclature du *Beilstein*, 4ᵉ édition.

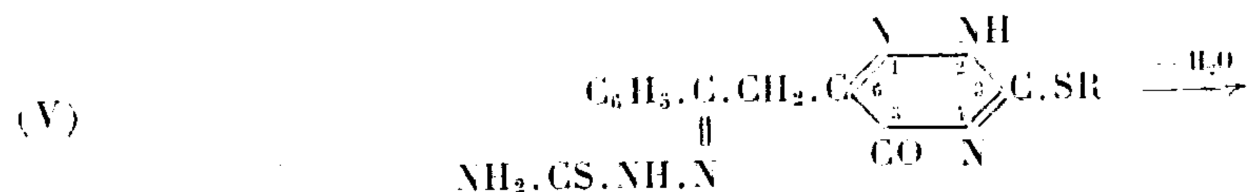
([1]) *Comptes rendus*, **159**, 1914, p. 83.

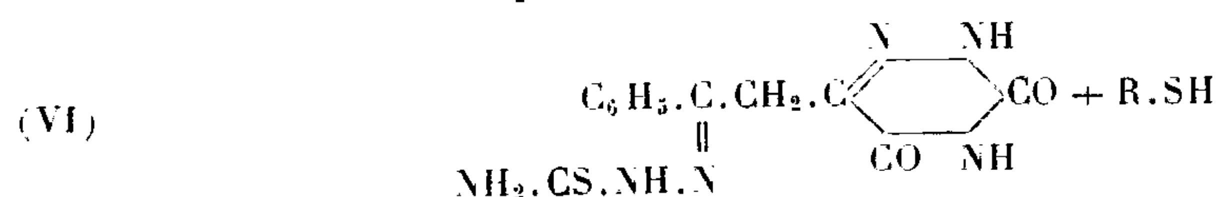
que, dans ces conditions, les semicarbazones des acides α-cétoniques se déshydratent en conduisant aux dioxytriazines. L'expérience a montré que la semicarbazone ne pouvait être cyclisée, ce qui constitue un argument en faveur de la formule (II).

La dithiosemicarbazone possède les propriétés générales des thiosemicarbazones des acides α-cétoniques. Sous l'action prolongée des alcalis dilués et à chaud, elle fournit, par cyclisation, la thiosemicarbazone de la benzoylméthylsulfoxytriazine (F 250°) (IV) :

(IV) 

Ce composé peut être facilement alcoylé en 3 en donnant un thioéther (V) qui, par hydrolyse en milieu acide, conduit à la thiosemicarbazone de la benzoylméthyldioxytriazine (VI) avec libération d'alcoylmercaptan, réaction signalée par l'un de nous ([2])

(V) 

(VI) 

SÉISMOLOGIE. — *L'enregistrement dans les stations françaises des ondes séismiques de l'explosion d'Heligoland.* Note de M. **Jean-Pierre Rothé**, présentée par M. Charles Maurain.

Les stations séismologiques françaises ont collaboré à l'enregistrement des ondes provoquées par l'explosion d'Heligoland (18 avril 1947 à 11h00 G. M. T.). La note ci-dessous, rédigée au Bureau central séismologique français, résume les observations faites.

A Paris Mme Bayard-Duclaux, MM. Bonnet et Joset ont utilisé un séismographe vertical à courte période (construction Grenet) présentant les caractéristiques suivantes: amplification portée à 17600 (pour une période de mouvement du sol $T_s = 1^s,1$) par réduction de l'amortissement; vitesse de déroulement élevée (1800 mm/mn) contrôlée par inscription sur le film des vibrations d'un diapason étalonné à 50 périodes, enregistrement des signaux horaires par les éclairs d'une lampe à argon commandée par un poste radio.

A Clermont-Ferrand, MM. Seltzer et Roche ont fait fonctionner un appareil

([2]) E. Cattelain, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1912.

du même genre ($T_0 = 1^s,48$; T galvanomètre $= 0^s,88$; amplification 4400 pour $T_s = 1^s,1$ et 1100 pour $T_s = 2^s,2$); le déroulement du papier était de 225^{mm} par minute; les signaux horaires étaient, comme à Paris, enregistrés par l'intermédiaire d'une lampe à argon.

A Strasbourg les ondes ont été enregistrées sur certains des appareils en fonctionnement permanent : un pendule type de Quervain-Piccard à grande masse (19 tonnes) et à courte période ($T_0 = 2,2$ sec.), destiné à l'enregistrement des séismes rapprochés (composantes NS et EW) et un séismographe vertical à courte période ($T_0 = 0,5$ sec.; amplification maxima 3000) réalisé par E. Peterschmitt. L'inscription des signaux horaires a été effectuée mécaniquement en bordure des bandes afin de vérifier la constance de la vitesse de déroulement du papier.

Le dépouillement des séismogrammes est rendu délicat en raison du peu de netteté des phases enregistrées; les temps de propagation mesurés (en supposant que l'explosion ait eu lieu exactement à 11^h) sont rassemblés dans le tableau suivant.

Δkm.	Phases. / Stations	*e* P*n*.	*e*.	*e* $\bar{P}$.	*e*.	*e* S*n*.	*e*.	L.
620	Strasbourg........	$1^m 21^s,0$	$1^m 35^s$	$1^m 52^s,3$	–	$2^m 25^s,3$	–	$3^m 29^s$
705	Paris............	1 31,86	1 39,34	2 11,00	$2^m 19^s,38$	2 51,7	$2^m 59^s$	–
995	Clermont-Ferrand.	2 08,4	–	–	–	3 47,7	4 24	4 45

L'amplitude du mouvement maximum a été généralement très faible : $1^{mm},5$ à Paris pour une amplification de 15000; $1^{mm},1$ à Strasbourg pour une amplification d'environ 800. Le mouvement réel du sol a donc été seulement de $0^{\mu},1$ à Paris, $1^{\mu},4$ à Strasbourg; il a été de 3^{μ} à Uccle à une distance du foyer de 445^{km} (1).

L'hodochrone des ondes $\bar{P}$ est bien définie et montre une vitesse de 5,5 km/sec: c'est exactement la valeur des ondes séismiques dans le *granit*; elle est bien inférieure à celle trouvée par Somville pour le séisme de Belgique du 11 juin 1938 (5,95 km/sec) et par J. Rothé pour celui des Hautes-Alpes du 18 juillet 1938 (6,0 km/sec) (2). Les foyers de ces derniers séismes étaient situés à des profondeurs de l'ordre de 40 à 45^{km}; la valeur de 5,5 km/sec correspond au contraire à des séismes peu profonds ou superficiels dont les ondes se propagent dans la partie supérieure de la couche granitique.

Pour les trois stations d'Uccle, Strasbourg et Paris, les retards (signe —) ou les avances (signe +) de l'onde $\overline{P_n}$ d'Heligoland sur les durées de trajet indiquées par les tables de Joliat, de Jeffreys et de Mohorovičić sont donnés dans le tableau ci-après :

(1) Ch. Charlier, *L'explosion d'Heligoland* (*Publication du service séismologique et gravimétrique de l'Observatoire Royal de Belgique*, Bruxelles, avril 1947).

(2) J.-P. Rothé, *La séismicité des Alpes occidentales* (*Annales de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg*, Nouvelle série, **3**, 3e partie, 1938, pp. 21-23).

Stations.	Tables de Joliat.	Jeffreys.	Mohorovičić.
Uccle	+ 2^s,4	— 0^s,2	— 0^s,2
Strasbourg	— 2,5	—	— 1,5
Paris	+ 0,5	—	— 4,6

L'hodographe de l'onde P_n, définie par les temps d'arrivée à Uccle, Stuttgart, Strasbourg et Paris, indique une vitesse d'environ 8,2 km/s : c'est une vitesse particulièrement élevée, analogue à celle indiquée par Hayes pour des séismes de Nouvelle-Zélande (8,3 km/s) et par Byerly pour le séisme de Parkfields ([2]).

Les avances prises par l'onde P_n d'Heligoland sur l'horaire donné par les indicateurs déjà cités figurent dans le tableau ci-dessous.

Stations.	Tables de Joliat.	Jeffreys.	Mohorovičić.
Uccle	+1^s	+3^s,0	+ 9^s,3
Strasbourg	+3,6	+5,6	+11,6
Paris	+3,7	+5,4	+11,5
Clermont-Ferrand	+4,3	+5,1	+11,0

On voit que c'est la table de Joliat qui, déduite de l'étude des séismes du *Mid-Continent* américain, indique les temps de propagation les plus voisins de ceux de l'onde P_n d'Heligoland. La table de Mohorovičić, basée sur l'étude des séismes dinariques et alpins, est peu adaptée au calcul de la propagation des ondes séismiques traversant le domaine continental nord-européen où la couche granitique est beaucoup moins épaisse que sous les Alpes.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Sur une nouvelle Hystrichosphère des silex crétacés et sur les affinités du genre* Cannosphæropsis *O. We.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Cannosphæropsis utinensis O. We. (*fig.* 1) est un curieux micro-organisme, découvert par O. Wetzel ([1]) en 1933, dans des silex crétacés du domaine baltique et que j'ai retrouvé ([2]) en 1935 dans des silex du bassin parisien. O. Wetzel y a vu un Radiolaire de la famille des *Cannosphæridæ*, malgré l'absence, dans le fossile, d'un *pylôme*, perforation de la coquille centrale caractérisant les espèces de cette famille. En 1937 ([3]), j'ai exprimé l'opinion que les affinités radiolariennes de *Cannosphæropsis* n'étaient peut-être qu'apparentes. Décrivant, en 1938 ([4]), deux *Hystrichosphæridium* jurassiques bâtis sur

([1]) *Palæontographica*, **78**, 1933, p. 6.
([2]) *Bull. Biol. France-Belgique*, **69**, 1935, p. 223.
([3]) *Ann. Paléont.*, **25**, 1937, p. 39.
([4]) *Trav. Stat. Zool. Wimereux*, **13**, (Vol. Jub. M. Caullery), 1938, pp. 187-189.

un type morphologique analogue, *H. Caulleryi* Defl. (*fig.* 4) et *H. æmulum* Defl. (*fig.* 5), j'ai évoqué à nouveau la position des *Cannosphæropsis* et leur parenté possible avec ces deux Hystrichosphères. Cependant, la présence de trabécules, *pleins* chez celles-ci, *tubulés* chez *Cannosphæropsis*, m'avait empêché

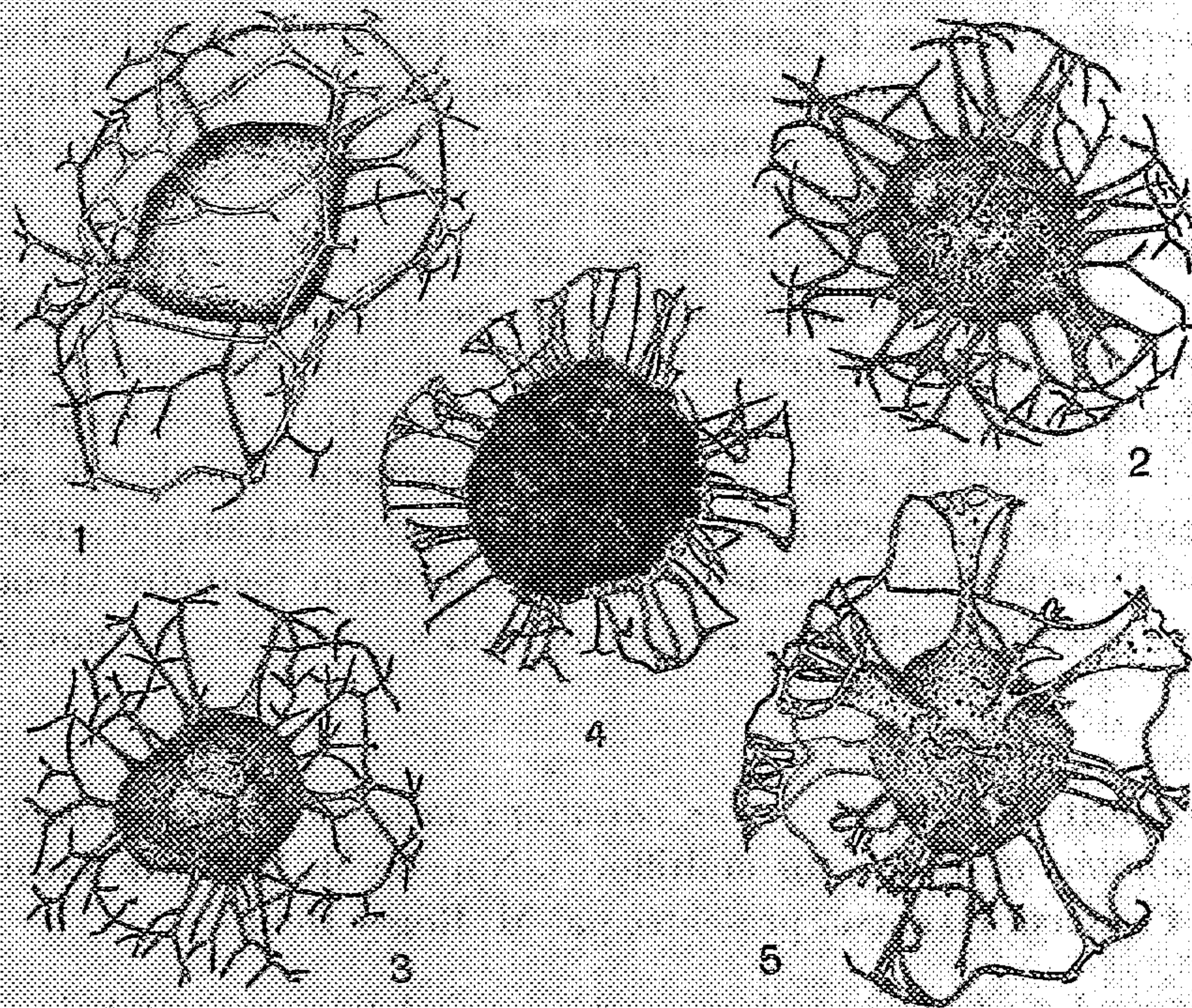


Fig. 1 à 5. — 1, *Cannosphæropsis utinensis* O. We; 2 et 3, *C. Philippoti*, nov. spec. (2, holotype); 4, *C. Caulleryi* (Defl.); 5, *C. æmula* (Defl.); 1 à 3 : silex sénoniens; 4 et 5 : marnes oxfordiennes. Gross. fig. 1 : 500; 2 : 585; 3 : 400; 4 et 5 : 533 (2 et 3, A. Philippot del.; 1, 4, 5, d'après Deflandre].

de réunir les trois espèces dans ce dernier genre. L'existence, au Crétacé, d'Hystrichosphères intermédiaires entre ces diverses formes, me conduit aujourd'hui à effectuer un reclassement de ce petit groupe morphologiquement homogène, reclassement que j'ai d'ailleurs laissé prévoir l'an dernier ([5]).

Parmi des microfossiles des silex crétacés qui m'ont été soumis par A. Philippot, j'ai retrouvé, provenant de silex sénoniens de Breuillet, d'excellents spécimens de l'espèce à laquelle je faisais allusion dans ce travail, et dont je n'avais vu jusque-là que des individus de conservation très imparfaite et d'âge incertain. *Cannosphæropsis Philippoti* nov. spec. (*fig.* 2 et 3) diffère de *C. utinensis* O. We. : 1° par son grand nombre de processus fourchus ; 2° par son réseau externe trabéculaire bien moins développé, n'intéressant pas tous les processus et, 3° par la ténuité plus grande des trabécules de ce réseau ($0^{\mu},5$ à $1^{\mu},2$), qui *paraissent* non pas creux mais pleins, sous réserve des difficultés de

([5]) *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 1946, p. 110.

l'observation *in situ* dans la masse siliceuse enfermant les organismes. Comme chez *C. utinensis*, on trouve des épines portées par les trabécules. L'attribution générique de *C. Philippoti* ne me semble pas discutable. Par ailleurs, sa parenté morphologique avec les deux espèces d'Hystrichosphères jurassiques précitées (*fig.* 4 et 5) est telle que le transfert de celles-ci dans le genre *Cannosphæropsis* s'impose. Le genre lui-même doit ainsi être placé dans les Hystrichosphæridés, auprès du genre *Hystrichosphæridium* Defl., dans lequel certaines espèces, comme *H. ramuliferum* Defl., ressemblent à un *C. Philippoti* qui serait dépourvu de trabécules.

Il y a là un progrès indéniable, en ce sens que *Cannosphæropsis* occupe maintenant une position rationnelle, alors que sa situation provisoire dans les Radiolaires était des plus contestables. Peu à peu, un certain ordre s'introduit dans le groupe des Hystrichosphæridés; mais il ne faut pas se méprendre sur le caractère artificiel de notre classification, purement formelle, de cet étonnant ensemble de micro-organismes. Il y a là un problème auquel sera consacré un exposé d'ensemble ([6]), problème dont la solution ne peut être attendue que d'une étroite collaboration entre océanographes biologistes et micropaléontologistes.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les variations du tryptophane au cours de la germination de* Phaseolus multiflorus. Note de M. Raymond Jacquot et M^lle^ Francine Harding, présentée par M. Roger Heim.

Nous possédons d'assez nombreuses données relatives au métabolisme azoté global au cours de la germination. Nous savons par exemple que les protides de la graine s'hydrolysent en substances solubles qui ravitaillent la jeune plantule. Mais nous ignorons presque tout du sort individuel de tel ou tel amino-acide. La croissance de la plantule s'accompagne-t-elle de synthèses d'acides aminés *in situ* ou correspond-elle uniquement à un simple transfert à partir des cotylédons ? L'exemple des vitamines montrent que ces deux éventualités peuvent se rencontrer. Nous avons cherché à savoir ce qu'il en était dans le cas du tryptophane, substance de formule tout à fait particulière et apparentée à l'hétéroauxine. Nos essais ont porté sur le Haricot d'Espagne (*Phaseolus multiflorus*); nous avons étudié successivement la répartition du tryptophane dans les diverses parties de la graine au repos, son évolution au cours de la germination normale, ses variations dans les plantules isolées cultivées artificiellement.

Méthodes de dosage. — Après hydrolyse barytique [$12^{\text{cm}^3},5$ $Ba(OH)_2\,8H_2O$ à 14 % pour $0^g,5$ d'échantillon sec] poursuivie en tube scellé pendant 7 heures à 120°, précipitation de SO_4Ba et centrifugation, le tryptophane est dosé, soit

([6]) *Bull. Inst. Océanogr.* (en prép.).

par la méthode microbiologique de Greene et Black (¹), soit par la technique photométrique d'Eckert (²). Les deux procédés donnent des résultats parfaitement comparables.

Répartition dans la graine au repos. — Les pourcentages moyens de tryptophane dans les différentes parties de la graine sont les suivants : germe 0,39, cotylédons 0,22, cuticule 0,08. Les teneurs en protides ($N \times 6$) étant respectivement de 44, 22 et 6,9 %, le rapport [tryptophane/protides] $\times$ 100 est de 0,88 dans le germe, 1 dans les cotylédons et 1,15 dans la cuticule. Les variations de ce rapport montrent que les diverses parties du Haricot ont non seulement des taux d'azote inégaux, mais présentent en outre des différences qualitatives dans leur constitution protidique.

Variations au cours de la germination normale. — Au cours de son développement à l'obscurité, la plantule s'enrichit en tryptophane, comme le montrent les chiffres moyens suivants exprimés en γ par unité : 34 pour le germe au repos, 120 pour une longueur de 4^{cm}, 400 pour 9^{cm}, 600 pour 15^{cm}, 1195 pour 30^{cm}. Mais si l'on établit le bilan entre plantule et cotylédons, on voit que la somme en tryptophane demeure inchangée et que l'enrichissement de la plantule correspond exactement (à moins de 6 %) à l'appauvrissement parallèle des cotylédons. Les premières phases de la germination normale poursuivie stérilement à l'obscurité s'accompagnent donc d'un déplacement du tryptophane, mais ne comportent aucune synthèse du fait de la plantule.

Variations au cours du développement de plantules isolées. — Ensemencées sur milieu synthétique très simple (glucose, NO_3K, SO_4Mg, Cl_2Ca, SO_4Fe), les plantules se développent à un rythme ralenti. Mais alors que leur teneur en azote total augmente synchroniquement avec la croissance, le taux de tryptophane demeure pratiquement inchangé : après 12 jours de culture, l'accroissement pondéral atteint 100 %, l'azote total s'élève à 160 % de sa valeur initiale, cependant les plantules ne renferment par unité que 34 γ de tryptophane, valeur identique à celle du germe au repos (32 γ). Les phénomènes sont les mêmes à la lumière et à l'obscurité. Étant données les étroites relations qui, chez les animaux, unissent tryptophane et acide nicotinique, nous avons recherché s'il en était de même pour la croissance des végétaux et avons introduit de la vitamine PP dans le milieu de culture : cet enrichissement (10 γ par tube) n'a eu aucune répercussion sur le taux du tryptophane qui demeure égal à 34 γ par plantule.

Conclusions. — Qu'il s'agisse de la germination normale ou du développement de germes isolés, la plantule de *Phaseolus multiflorus* est incapable de synthétiser le tryptophane. Dans le premier cas, elle s'enrichit effectivement en cet aminoacide, mais il s'agit là d'un transfert à partir des cotylédons et non d'une

(¹) *J. Biol. Chem.*, **155**, 1944, p. 1.
(²) *J. Biol. Chem.*, **148**, 1943, p. 205.

synthèse *in situ*. Dans les germes cultivés sur milieu synthétique, il n'y a aucune augmentation de la teneur en tryptophane, bien que l'azote total s'élève notablement au fur et à mesure de la croissance. Ce fait montre que les synthèses ne portent pas obligatoirement sur l'ensemble des constituants azotés. L'impossibilité où se trouve la plantule isolée de synthétiser le tryptophane subsiste même s'il y a photosynthèse (plantules vertes développées à la lumière) ou en présence de vitamine PP. Il ne semble donc pas y avoir de relations métaboliques entre acide nicotinique et tryptophane chez les végétaux.

ALGOLOGIE. — *Sur la flore des Chlorophycées marines de la région de Concarneau.* Note de M. **Robert Lami** et M[lle] **Marie-Louise Priou**, présentée par M. Roger Heim.

La flore algale de la côte sud du Finistère n'a été que peu étudiée et, pour la région de Concarneau, il n'existe qu'une liste publiée par E. Chemin (1926)(1) consacrée presque exclusivement aux Rhodophycées. Il nous paraît donc intéressant de résumer ici quelques-uns des caractères de la flore des Chlorophycées des environs de Concarneau.

En ce qui concerne leur répartition altitudinale, nous avons retrouvé la zonation d'Ulvacées décrite, pour la côte basque, par G. Hamel (1941, 1942)(2), soit, de haut en bas : 1° Zone d' *Enteromorpha minima* Naeg., 2° Zone d'*Enteromorpha marginata* J. Ag., 3° Zone d'*Enteromorpha Linza* (L.) J. Ag., 4° Zone d'*Enteromorpha compressa* (L.) Grev. et *Ulva Lactuca* L. Ces zones, plus ou moins complètes et plus ou moins dissimulées parmi celles de Fucacées, auxquelles elles se superposent, existent sur les roches de la côte ouverte, sur les ouvrages d'art du port ainsi que sur les pierrailles et talus de sol meuble des *anses* de la région, sortes de petites rias. Cette répartition en zones que nous avons aussi observée au Croisic et que l'un de nous avait déjà signalée dans la Rance maritime, nous paraît devoir être généralisée pour toutes les côtes françaises de la Manche et de l'Océan.

Les étangs littoraux communiquant avec la mer, comme celui de Mousterlin, sont caractérisés par l'abondance de *Percursaria percursa* (Ag.) Rosenv. et de *Monostroma oxycoccum* (Kütz.) Thur. Le *Monostroma Grevillei* (Thur.) Wittrock est toujours commun sur les quais du port et les cuvettes des rochers littoraux où il forme zone ; sa fréquence et sa taille sont nettement accrues après une période pluvieuse comme celle de l'hiver 1946-47. Le *Monostroma obscurum* Kütz., toujours épiphyte, n'est pas rare à un niveau plus bas, sur les quais et les pans de rochers.

---

(1) *C. R. A. F. A. S.*, Congrès de Lyon, 1926, p. 360.

(2) *Bull. Soc Bot. France*, 88, 1941, p. 148; *Blumea*, Suppl., II, Vol. jub. Dr. A. A. Weber van Bosse, 1942, p. 41.

Le fond des anses, où se déverse toujours un ruisseau permanent, est abondamment peuplé, dans le lit mineur, par de grands *Enteromorpha intestinalis* Link; sur les berges et les schorres s'ajoutent aux Ulvacées des zones indiquées plus haut *Rhizoclonium riparium* (Roth) Harv. et *Enteromorpha torta* (Mert.) Reinb. auxquels s'associe le rare *Capsosiphon fulvescens* (Ag.) Setch. et Gardn.

Les endroits pollués du port sont caractérisés, surtout au printemps, par des peuplements denses de *Prasiola stipitata* Suhr. de dimensions exceptionnellement grandes. Cette espèce se retrouve en abondance sur les rochers isolés que fréquentent les oiseaux de mer, et y forme zone. Sur ces rochers, mais au-dessus d'elle et atteinte seulement par les marées de vive eau, se localise une autre Schizogoniale, *Gayella polyrhiza* Rosenv., non encore signalée en France. A côté de ces deux espèces, s'observent souvent des formes filamenteuses monosiphonées du type *Hormidium* qui semblent se maintenir toute l'année à ce stade. Toutes trois sont des espèces qui prospèrent dans ces stations grâce à la présence d'azote ammoniacal et sans doute aussi de phosphates, apportés par les ordures ou les excréments des oiseaux.

Sur les rochers de la côte, *Cladophora arcta* (Dillw.) Kütz. est d'une abondance extraordinaire au printemps. Il y constitue, sur les grandes dalles rocheuses, des peuplements presque purs couvrant des centaines de mètres carrés.

Parmi les Siphonales de la région, les Codiacées sont représentées par trois *Codium* ramifiés: *Codium tomentosum* (Huds.) Stack., *C. elongatum* Ag. et *C. mucronatum* var. *atlanticum* Cott. Ces deux derniers, rares, n'ont été observés que sur des rochers isolés en mer et aux îles Glénans. Les *Codium* en croûtants et le *C. Bursa* (L.) Ag. semblent manquer. Les *Bryopsis*, *B. hypnoides* Lamour. et *B. plumosa* (Huds.) Ag. nous ont paru beaucoup plus rares que dans la Manche occidentale. *Vaucheria Thuretii* Woronin est commun sur la vase des baies abritées où *V. piloboloides* Thur. ne se rencontre que très rarement.

Du point de vue de la flore locale, les espèces de Chlorophycées d'affinités nordiques dominent sur celles d'affinités méridionales. Ce fait nous semble dû à des conditions océanographiques générales de caractère *océanique* plus marqué que dans le golfe de Gascogne et même que dans le golfe normand-breton où se rencontrent des éléments méridionaux non observés dans la région de Concarneau.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Épidémiologie statistique de la mosaïque du Tabac.* Note (¹) de MM. **Jean Cuzin**, **André Renier** et **Daniel Schwartz**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Au cours d'une expérimentation conduite pendant trois années consécutives, à l'Institut des Tabacs de Bergerac, sur des champs de *Nicotiana Tabacum* L. var. P. 19. B, il a été établi qu'après récolte d'une culture mosaïquée, le virus

(¹) Séance du 28 mai 1947.

persistait dans le sol, en gardant son pouvoir infectieux, et contaminait la plantation de l'année suivante. Le sol a donc joué dans ces essais le rôle d'un réservoir-Virus. Les études ont porté spécialement sur des réservoirs-Virus constitués artificiellement de façon *homogène* quant à la répartition sur le terrain, ce, en inoculant l'année précédente un grand nombre de pieds (50 à 100 % du total de la plantation) *pris au hasard* à la suite d'un tirage au sort approprié sur l'ensemble du champ. Les plantations effectuées sur de tels réservoirs-Virus manifestèrent ultérieurement un pourcentage élevé de pieds mosaïqués. C'est la répartition topographique de ces pieds dans l'ensemble du champ, qui a constitué l'objet de notre étude, et le fait en particulier, de l'apparition régulière pendant les trois années d'expériences de deux types nettement différents de répartition : dans l'une les pieds malades semblaient répartis au hasard sur le champ, dans l'autre, au contraire, des foyers d'accumulation faisaient penser à une cause systématique de contamination.

Les conditions de l'expérience permettaient d'étayer cette distinction sur des bases statistiques. On peut distinguer dans le champ deux directions privilégiées, les *lignes* et les *rangs* correspondant ici à une disjonction voulue des façons culturales en deux groupes : les lignes (sillons) matérialisaient la direction suivie dans les façons précédant ou suivant le repiquage (labours et hersages, sarclages et buttages); les rangs d'autre part, matérialisaient la direction suivie pour le repiquage. (L'ensemble du champ avait été planté par une dizaine d'ouvrières, chargées chacune de complanter un certain nombre de rangs déterminés par tirage au sort.) Le relevé des pieds malades eut lieu quatre semaines après la plantation, et leur répartition topographique fut comparée aux résultats de tirages au sort de l'événement maladie avec une probabilité constante sur l'ensemble du champ. A cet effet, les rangs d'une part, et d'autre part les lignes furent classés d'après le nombre de leurs pieds malades, et ces classements furent comparés à la distribution binomiale, qui indique dans des séries de tirage au sort le nombre probable des séries contenant 0, 1, 2, ... n réussites. C'est alors que se manifestèrent les deux types de répartition indiqués plus haut.

Le phénomène des séquences n'a pu encore être expliqué; mais le fait essentiel qui subsiste est l'existence des deux catégories de réponses à des méthodes de contamination apparemment identiques; or on peut faire correspondre à ces deux types, deux catégories biologiques : l'infection répartie au hasard avec son apparition sporadique, disséminée régulièrement sur l'ensemble du champ sans foyer d'accumulation représenterait *l'état endémique*. Au contraire, la répartition à séquences manifesterait en plus un phénomène *épidémique*. La méthode statistique utilisée pour la distinction est susceptible de généralisation et pourrait permettre de viser à une définition rigoureuse des deux états. La seule connaissance du taux de malades n'est dans cette distinction d'aucune utilité, si l'on ne connaît en même temps la variation de ce

taux dans un domaine donné : espace, temps, etc. Cette variation peut alors être comparée à une distribution de hasard : s'il y a conformité, on est en présence de *l'état endémique;* s'il y a différence significative, l'infection comporte une *part épidémique* correspondant à des foyers d'accumulation incompatibles avec la distribution de hasard.

Un avantage tout particulier s'attache aux végétaux en raison de leur immobilité. Le caractère de position dans l'espace peut ainsi être envisagé pour des individus isolés; la multiplicité de ces individus équivaut alors à des répétitions de l'expérience, et le seul examen de la répartition topographique des malades permet de conclure à l'état endémique ou épidémique. Dès lors que l'expérimentation porte sur une population-hôte génotypiquement pure, infectée par un agent pathogène défini, la méthode statistique permet également de tenter une analyse causale. En effet dans le cas d'une population endémique, le pourcentage de malades a la valeur d'une probabilité de maladie, estimée avec une approximation parfaitement connue. La comparaison de deux cultures ne différant que par un paramètre, permet alors d'éprouver l'influence de celui-ci sur le taux d'endémie.

Dans le premier cas, les critériums statistiques indiquèrent pour le classement des rangs et le classement des lignes, un accord tout à fait satisfaisant avec la répartition théorique. D'autres classements systématiques furent alors examinés qui donnèrent également un bon accord avec les répartitions calculées. Ainsi le classement des pieds malades en fonction de l'ouvrière planteuse (conforme à une distribution gaussienne) et le classement en malades isolés, en série de 2, 3, etc. n malades consécutifs selon les lignes (ou de même selon les rangs).

La concordance de tous ces tests nous autorise à proposer pour les répartitions de ce type, le terme de *répartition au hasard*.

Dans le deuxième cas, l'ajustement avec une répartition binomiale montra au contraire une différence nettement significative, qui portait régulièrement sur le classement des rangs, le classement des lignes étant au contraire normal. Le phénomène systématique ainsi mis en évidence put être mis sur le compte de files, parfois très grandes, de pieds malades consécutifs. Ces *séquences* dont le nombre et l'ampleur étaient hautement incompatibles avec une répartition de hasard, n'affectaient que les rangs, l'ampleur des séquences selon les lignes étant, au contraire, conforme à la probabilité de groupement de hasard. Cette distinction mettait ainsi en cause la seule opération effectuée par rangs, c'est-à-dire le repiquage par les ouvrières. On put constater que certaines ouvrières seulement étaient responsables des *séquences improbables* et que ces ouvrières étaient à l'origine de plusieurs séquences, apparaissant en des régions différentes du champ, et séparées par des plages normales. Le phénomène, ainsi décrit, s'est présenté régulièrement pendant les trois années d'expériences. Les ouvrières séquencières ont varié au cours de ces trois années.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur les propriétés colloïdales d'acides humiques formés dans des conditions diverses.* Note (¹) de MM. **Georges Barbier** et **Serge Trocmé**, présentée par M. Albert Demolon.

Les acides humiques naturels semblent posséder tous un même squelette fondamental, cyclique, avec des groupements latéraux variables (E. Ganz, *Annales de Chimie*, 19, 1944). La présente Note a pour but de préciser dans quelle mesure des acides humiques formés dans des conditions diverses se ressemblent ou diffèrent au point de vue colloïdal.

Des suspensions aqueuses d'acides humiques ont été préparées selon une méthode uniforme (décalcification, action de NH_4OH, précipitation par HCl et dialyse) à partir de 4 humus d'âge croissant : purin s'écoulant d'un fumier de paille après 3 mois de fermentation faiblement aérobie; terreau âgé de 3 ans, formé en milieu toujours franchement aérobie; deux humus d'origine ancienne, formés en anaérobiose (sous l'eau) : tourbe et lignite. La coloration de ces acides humiques, de même que l'absorption de la lumière pour toutes les longueurs d'onde visibles, augmente avec leur âge.

Dispersion. — Les suspensions obtenues, grossièrement dispersées, se transforment toutes les quatre, par addition de chaux jusqu'à neutralisation, en fines émulsions colloïdales parfaitement stables. Mais celles-ci, soumises à une centrifugation énergique (20000 *g* pendant 10 minutes), se comportent de façon très différente. Les humates de lignite et de tourbe se sédimentent presque complètement, les deux autres pas du tout (voir tableau ci-après).

Floculation. — Les suspensions colloïdales d'humates calciques, additionnées de KCl, ne subissent aucune floculation apparente; néanmoins la centrifugation révèle une diminution de stabilité des humates de tourbe et de lignite.

Pourcentage d'humate resté en suspension après centrifugation : Concentration initiale : 5ᵍ acide humique par litre

Millieq. KCl ajoutés par litre	0.	4,6.	18,4.	38,5.	77,0.
Lignite	30	32	23	5	3
Tourbe	–	24	36	17	14
Terreau	100	100	100	100	100
Purin	100	100	100	100	100

Par ailleurs, les acides humiques de purin et de terreau, à l'état de solutions d'humates alcalins neutres, sont plus difficilement flòculables par les sels de calcium que ceux de lignite et de tourbe.

Capacité de fixation pour les bases et échange de cations. — Les quatre acides humiques étudiés ne diffèrent que légèrement entre eux quant à leur capacité

(¹) Séance du 28 mai 1947.

Seuils de floculation complète en 18 heures,
par $CaCl_2$ *en milliéq. par litre.*

Concentration de l'humate en *g acide humique* par litre...	0,5.	1.	2.
Lignite	7,5	5,0	10,0
Tourbe	8,3	8,3	11,6
Purin	16,6	15,0	20,6
Terreau	>26,5	>24,2	27,5

pour les bases et quant à leur aptitude à échanger leurs cations. Tous se distinguent nettement, à ce dernier point de vue, d'une argile de limon; employée en quantité équivalente, l'argile calcique échange beaucoup plus de calcium, contre des ions alcalins, que les humates calciques (environ 3 fois plus).

Cette observation peut être rapprochée des études de Pallmann [2], d'après lesquelles les particules d'acides humiques présentent, d'une façon très générale, des surfaces internes difficilement accessibles aux échanges.

Adsorption par les argiles. — Les 4 acides humiques étudiés sont adsorbables par les argiles calciques en quantité notable, sans relation apparente avec leur sensibilité à la floculation.

Conclusion. — Les 4 acides humiques étudiés, bien que présentant entre eux des analogies (capacité pour les bases et échange de cations, formation de sels alcalins solubles et de sels calciques dispersables) diffèrent notablement quant à leur aptitude à former des suspensions stables. C'est précisément dans les conditions naturelles du sol (prédominance de calcium, concentration en sels voisine des seuils de floculation observés) que les différences sont les plus marquées.

La plus grande stabilité des acides humiques formés en milieu aérobie concorde avec le fait que la lignine se disperse d'autant plus facilement qu'elle est plus oxydée (formation de groupes OH ou COOH hydrophiles) [3]. L'influence de l'âge ne semble pas prépondérante : les acides humiques d'un terreau âgé de 3 ans résistent mieux à la floculation que ceux d'un fumier très jeune.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Production expérimentale de la polydactylie chez l'embryon d'Oiseau.* Note de M. **Étienne Wolff** et M^lle **Janine Kahn**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons étudié le pouvoir de régulation de l'ébauche des membres chez l'embryon de Poulet. Nous nous sommes adressés en particulier à l'ébauche de

---

(2) *Kolloid Zeit.*, **101**, 1942, p. 72.
(3) H. Perrenoud, *Koll. Zeits.*, **107**, 1944, p. 16.

la patte, plus rarement à l'ébauche de l'aile. Nous avons opéré à l'aide de deux méthodes :

1° les fissurations par la technique chirurgicale.

2° la greffe d'ébauches en situation hétérotopique.

1. Nous opérons entre les stades 20 et 35 somites. A l'aide d'une aiguille de verre, l'ébauche présumée, ou en voie de différenciation, est sectionnée transversalement jusqu'au niveau de la pièce intermédiaire. Pour éviter la cicatrisation des deux parties, on insinue dans la fente un fragment de membrane coquillière ou de tissu vivant. Nous avons obtenu des dédoublements jusqu'au stade 30 somites. Le stade le plus favorable se place entre 20 et 25 somites, stade où l'ébauche est encore indifférenciée. Nous avons obtenu, sur 46 embryons opérés dans ces conditions, 9 cas de polydactylie. D'autres interventions, dirigées vers un autre but (greffes de gonades), nous ont donné, à ce stade, 5 cas de polydactylie. Il s'agit, dans la plupart des cas, de pattes à 5 doigts, la polydactylie pouvant porter sur n'importe quel doigt. Certains cas négatifs sont dus à une cicatrisation précoce suivie de régulation; le membre évolue alors normalement. D'autres représentent des embryons dont le membre a été lésé par l'opération et s'est atrophié; d'autres enfin, des embryons dont l'ébauche, indifférenciée et non visible, n'a pas été atteinte par l'intervention. La polydactylie obtenue par ce procédé n'est généralement pas associée à un dédoublement de la base du membre. Dans quatre cas cependant, nous avons obtenu le dédoublement du fémur (associé ou non à la polydactylie), dans un autre celui du péroné, dans deux cas enfin celui du tarse.

2. *Greffes de membres en situation hétérotopique.* — En greffant l'ébauche entière d'une aile au stade du bourgeon naissant (30 à 33 somites) dans la région de l'ébauche présumée d'une patte d'un embryon au stadé 20 à 28 somites, nous avons obtenu, dans 4 cas, des dédoublements partiels de la patte de l'hôte. Celle-ci est divisée en deux par l'aile greffée en voie de croissance. Nous avons obtenu, soit de la polydactylie portant sur plusieurs doigts (obtention de 5 à 7 doigts), soit le dédoublement d'autres articles du membre (le fémur), soit les deux simultanément (tibia, tarse, métatarses, phalanges). On est alors très près de la polymélie.

Il arrive aussi que le greffon lui-même soit dédoublé, à quelque emplacement qu'il soit placé dans l'hôte. Ainsi des ailes et des pattes ont montré des dédoublements plus ou moins accentués (3 cas allant de la polydactylie à la polymélie).

Conclusion. — L'ébauche des membres de l'embryon de Poulet, au stade qui précède immédiatement sa différenciation en bourgeon, est encore susceptible de régulation. Les dédoublements expérimentaux concernent le plus souvent la partie distale de la patte (phalanges et métatarsiens), parfois aussi les parties proximales (fémur, tibia, tarse).

ENTOMOLOGIE. — *Note sur une Puce d'Extrême-Orient* Ancistropsylla roubaudi (*N. g., n. sp.*) *représentant d'une nouvelle famille d'Aphaniptères*. Note de MM. **Constantin Toumanoff** et **Henry S. Fuller**, présentée par M. Émile Roubaud.

Au cours de recherches sur les Ectoparasites de divers animaux sauvages de la Cochinchine et du Cambodge, l'un de nous a pu récolter un certain nombre de Puces, parmi lesquelles une espèce capturée sur une civette qui n'a pas été déterminée d'une manière exacte (mais qui était vraisemblablement la civette de l'Inde *Viverra zibetha* Linné), n'a pu être identifiée, ni génériquement, ni spécifiquement, aux formes jusqu'ici connues.

Cette Puce n'a été récoltée, en Indochine, qu'au nombre de deux exemplaires, un mâle et une femelle. Les deux exemplaires ont été pris sur le même hôte, abattu dans la région des Trois frontières (Haut Chlong), à environ 1000^{m} d'altitude, par 106°,40 longitude Est et 12°,30 latitude Nord.

D'autre part, le même insecte a été décelé par l'un de nous (Fuller) dans les collections du Museum of Comparative Zoology, de Harvard University. Il a été récolté par M. H. J. Coolodge au Siam, à Doi-Angka (la plus forte altitude de la chaîne Thanon Thong-Chai), à 30-35 milles anglais dans la direction Ouest-Sud-Ouest de Chiang-mai, par 98°,30 de longitude Est et 18°,30 de latitude Nord. A cet endroit du Siam ont été capturés cinq spécimens, dont deux mâles et trois femelles, tous sur le Cerf muntjac *Muntiacus muntjak vaginalis* (Boddaert).

Nous présenterons dans cette Note la description sommaire de l'insecte, qui constitue, d'après nous, le représentant d'une nouvelle famille d'Aphaniptères. La description plus complète, accompagnée de nombreuses figures, sera donnée ultérieurement.

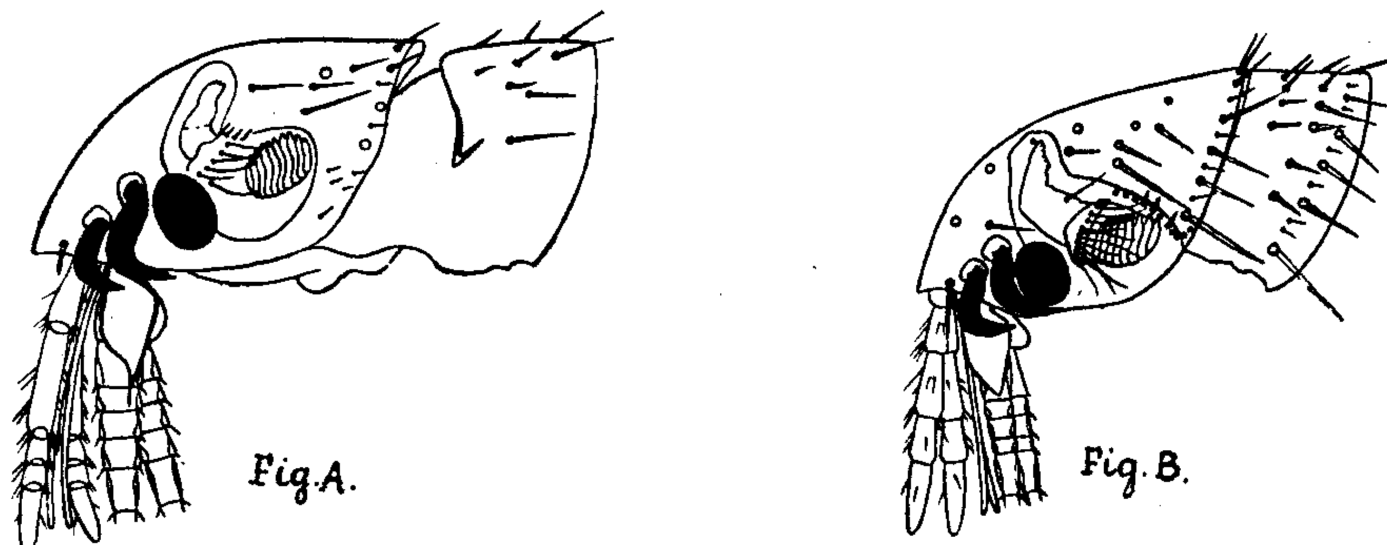


Fig. A. — Tête d'une femelle d'*Ancistropsylla roubaudi* (n. g., n. sp.).
Fig. B. — Tête d'un mâle de la même Puce.

Mâle :

Longueur du corps 2^{mm}.

La tête (*fig.* B) porte des yeux bien développés, d'une forme ovalaire.

Le front est convexe et son bord inférieur angulaire.

Les soies qu'on trouve sur la tête sont peu nombreuses. Sur le front on ne voit qu'une soie oculaire. Les soies occipitales, au nombre de huit, sont disposées sur trois rangées dont la première comprend deux soies, la deuxième et la troisième soies étant de taille à peu près égale. Les soies marginales sont au nombre de quatre et sont disposées en une seule rangée linéaire. Le tubercule frontal est absent.

La massue de l'antenne est distinctement segmentée sur tout son pourtour.

Les palpes labiaux sont formés de cinq articles.

Le peigne génal fait défaut, mais sur le bord inférieur de la partie frontale de la tête sont insérés deux crochets incurvés, en faucilles très fortement développés et chitinisés. Au-devant de ces crochets se trouve une forte soie préorale chitinisée. Les maxilles sont larges et courts.

Le prothorax est dépourvu de peigne.

Sur le premier tergite abdominal, non pas sur son bord antérieur ou postérieur, mais sur son tiers antérieur, on observe trois denticules ayant l'apparence d'un peigne rudimentaire. On observe également un denticule sur le tergite III. Le pygidium a une forme triangulaire. Au-devant de celui-ci, sur le 8e tergite au-dessus du dernier stigmate respiratoire, se trouve une *zone antépygidiale*, couverte de poils très fins et rapprochés. Le forceps a l'aspect recourbé et tronqué à son extrémité; le forcipule se présente sous la forme d'une pièce triangulaire. Tous les deux sont couverts d'épines de taille inégale.

Les hanches de la troisième paire de pattes sont inermes sur leur face interne.

Femelle : Longueur du corps, $2^{mm},8$.

La chætotaxie de la tête de la femelle présente une certaine différence avec celle du mâle. La soie oculaire qu'on observe chez le mâle fait défaut chez la femelle. En ce qui concerne les soies occipitales, elles sont disposées sur trois rangées chez la femelle. La première rangée ne comporte qu'une seule soie, la deuxième se compose de trois soies et la troisième d'une seule soie. Les soies marginales sont au nombre de quatre et ont à peu près la même dimension. Le tubercule frontal fait également défaut chez la femelle.

Les crochets génaux sont aussi développés chez la femelle que chez le mâle et de même forme (*fig.* A).

L'œil, l'antenne, les palpes maxillaires et les palpes labiaux de la femelle ont le même aspect que chez le mâle. Les mandibules sont également comparables.

La soie préorale est identique chez la femelle. Les denticules ressemblant à un peigne rudimentaire sont présents chez la femelle et aux mêmes endroits que chez le mâle. Au devant du pygidium, sur le 8e tergite, comme chez le mâle, on observe une zone que nous avons appelée plus haut la « zone antepygidiale ». Le style fait défaut. Les soies antepygidiales sont absentes. Le 8e tergite abdominal porte à son extrémité une abondante touffe d'épines de dimensions variables. La spermathèque a une tête globuleuse; la partie étirée (queue) est mince et recourbée. Il n'y a pas d'étranglement à l'endroit de la séparation de la tête et de la queue de la spermathèque.

Dans leur ensemble, les caractéristiques de cette nouvelle Puce, qui se rapproche le plus du genre *Acropsylla* de Birmanie, mais se distingue toutefois considérablement de ce dernier, sont les suivantes :

L'angle préoral de la tête aigu, proéminent, le peigne génal absent. Le sillon antennaire fermé, s'étendant en haut vers le bord dorsal de la tête; les antennes semblables dans les deux sexes, la massue presque globulaire. Pronotum sans peigne. Le mesonotum avec quelques épines se trouvant sur le côté inférieur du col; metanotum portant de courtes épines apicales. Episternum du meto-

thorax relativement large; l'épimerum s'étendant vers le haut; le spiracle loin au-dessus de l'épisternum. Les tergites abdominaux I-VI sont pourvus de peu nombreuses épines apicales. Les soies antépygidiales sont absentes dans les deux sexes. Le segment V de tous les tarses est muni de quatre paires de soies plantaires. Le style de la femelle est absent. Le pygidium a la face dorsale droite (aspect latéral), comme chez *Ceratophyllus,* avec sur chaque côté de nombreuses fossettes. Le sternite IX du mâle présente une articulation à la base du bras ventral, l'extrémité du bras dorsal pointue vers le haut.

Nous n'avons pu classer cette curieuse puce dans aucune des familles d'*Aphaniptères* actuellement connues.

Nous considérons qu'il s'agit du représentant d'un genre et d'une famille d'Aphaniptères jusqu'ici non décrits. Nous attribuons à cette puce le nom d'*Ancistropsylla roubaudi* n. g. n. sp. (fam. *Ancistropsyllidæ*) (1); type mâle et paratype femelle de l'Indochine (Coll. Service du Prof. Roubaud, Institut Pasteur de Paris); autres paratypes du Siam, déposés, mâle et femelle au British Museum (Natural History), mâle et femelle au Museum of Comparative Zoology de Harvard University et une femelle dans U. S. National Museum.

PHARMACODYNAMIE. — *Action antibiotique,* in vitro, *du plumbagol, à l'égard de champignons pathogènes pour l'Homme.* Note de MM. **Louis de Saint-Rat** et **Philippe Luteraan**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'activité antibiotique du plumbagol à l'égard de diverses bactéries pathogènes (1) nous a incités à rechercher si cette action se manifestait aussi, *in vitro,* à l'égard de certains champignons pathogènes pour l'Homme, et à comparer à l'action du plumbagol celle d'autres substances quinoniques :

2-méthyl 1-4-naphtoquinone et phtiocol dont les propriétés antibiotiques ont également été signalées (2) (3) (4) (5).

Nous procédons ainsi (6):

On utilise une solution au 1/4000 de ces substances dans l'eau distillée ;

On prend 1^{cm^3} de la dilution, et on l'incorpore soigneusement à 10^{cm^3} de milieu gélosé encore liquide, peptoné à 1 % et glucosé à 2 %, milieu préconisé par Langeron (7) pour la culture des champignons;

(1) (αγκιστρου, crochet, φυλλα, puce).

(1) L. de Saint-Rat, H. B. Olivier et J. Chouteau, *Bull. Ac. Méd.,* 3-4-5, 1946, p. 57.
(2) Fred H. Heise and William Steenken Jr, *Am. rev. of tub.,* 44, 5, 1941, p. 635.
(3) John B. Lloyd and Gardner Middlebrook, *Am. rev. of tub.,* 49, 1944, p. 539.
(4) Charlotte A. Colwel and Mary Mac Call, *Science,* 101, n° 2632, 1945, p. 592.
(5) A. Vinet, *C. R. Soc. Biol.,* 139, 3-4, 1945, p. 155.
(6) Ph. J. Luteraan, *C. R. Soc. Biol.,* 140, 21-22, 1946, p. 832.
(7) *Précis de Mycologie,* Paris, 1945.

On verse ce milieu dans un tube, et on laisse refroidir dans une position inclinée;

On ensemence largement en deux points;

On compare la date de début du développement et l'intensité de celui-ci avec un témoin ne comportant pas de substance à essayer.

Les résultats de nos expériences sont résumés dans le tableau ci-dessous : les signes figurant dans les colonnes indiquant respectivement :

+++ une très forte action antibiotique empêchant tout développement.

++ une action antibiotique, se manifestant par un retard variable dans la croissance et un faible développement.

+ une action antibiotique faible.

o absence d'action antibiotique.

	Témoin.	Phitiocol.	2/Méthyl 1.4/Naphtoquinone.	Plumbagol.
(*a*) Phialophora verrucosa........	o	o	o	+
Coccidioides immitis.........	o	++	++	+++
Histoplasma capsulatum......	o	++	++	+++
Ctenomyces radians..........	o	++	+++	+++
Trichophyton ferrugineum.....	o	++	+++	+++

(*a*) Les souches proviennent de la collection de M. le Docteur Langeron.

Ainsi, à une concentration d'environ 1/50000, le plumbagol possède une action empêchante beaucoup plus marquée que celle d'autres quinones, de la *p*-quinone, et même que celle de la lactoflavine Roche ([6]). Seul le *Bacillus subtilis* ([6]) a une action aussi puissante, voire plus puissante à l'écard du *Phialophora verrucosa*.

Quel est le mécanisme de cette action antibiotique?

L'action antibiotique de certaines substances pro- ou antioxygènes a été démontrée ([8]).

Le *Phialophora verrucosa;* champignon à pigment mélanique et présentant de ce fait un type respiratoire particulier ([8]), résiste au plumbagol.

Une *Rhodobactérie,* à pigment caroténoïde qui possède comme les mélanines un pouvoir pro-oxygène élevé ([6]), se développe également facilement sur des milieux contenant du plumbagol.

L'ensemble de ces faits permet d'envisager que l'action antibiotique du plumbagol est liée soit à une action de la fonction quinonique sur une des étapes du phénomène respiratoire, soit encore sur un processus physiologique différent.

Les résultats obtenus *in vitro* ne permettent pas de préjuger de l'action antibiotique du plumbagol *in vitro,* sur ces champignons à l'état parasitaire, car ils présentent alors une réduction morphologique considérable et partant une modification probable du type respiratoire.

([8]) Ph. J. Luteraan, *Ann. de Parasit.*, 22, 1, 1947, (en cours d'impression).

La faible toxicité du plumbagol permet cependant d'envisager favorablement une expérimentation pharmacologique dans cette voie.

Les faits précédents constituent un nouvel exemple du fait que des substances isomères de constituants normaux d'un organisme ont très souvent à l'égard de cet organisme un pouvoir antibiotique marqué. C'est ainsi que le plumbagol, isomère du phtiocol, constituant normal du *Mycobacterium tuberculosis*, est antibiotique à l'égard de ce dernier, *in vitro* (¹).

Des considérations analogues pourraient expliquer l'action antibiotique d'une certaine lactoflavine de synthèse à l'égard de champignons, et notamment des levures (⁹).

BIOLOGIE. — *Sur un aspect nouveau de l'action biologique des* sympatholytiques. Note (¹) de MM. BRUNO MINZ et MICHEL PETERFALVI, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'action biologique des substances que nous désignons sous le nom de *sympatholytiques* est loin d'être aussi bien définie que ce terme pourrait le faire croire. Dégageons quelques faits qui semblent ressortir des nombreux travaux parfois contradictoires ayant pour but d'analyser les actions de ces drogues. Signalons parmi leurs effets propres, une action hypotensive, une action chronotrope positive sur le cœur de Grenouille, se transformant en une action nettement dépressive avec des doses croissantes. Soulignons enfin leur action inhibitrice sur certains centres. Il est d'autre part remarquable que ces corps annulent ou inversent les effets de l'adrénaline à des doses qui ne modifient pas encore l'action des nerfs sympathiques. Leur influence sur le parasympathique serait peu nette. Toutefois elles se montreraient susceptibles de diminuer progressivement l'excitabilité du vague, mais sans empêcher l'effet de l'acétylcholine (²).

Quelques observations expérimentales de Plotka et de l'un de nous nous ont incités à considérer le problème des sympatholytiques sous un angle nouveau. Ces études portant sur le mécanisme de la synthèse *in vivo* du médiateur cholinergique ont montré que sur le muscle de Sangsue aussi bien que sur l'intestin isolé de Lapin la transformation de la choline en acétylcholine est favorisée par la présence du co-carboxylase (³) (⁴). Elles ont en outre abouti à la constatation que la forme oxydée de l'adrénaline, l'adrénochrome, est également capable d'augmenter cette synthèse dans des circonstances bien

(⁹) PH. J. LUTERAAN, *C. R. Soc. Biol.*, 140, 19-20, 1946, p. 759.

(¹) Séance du 28 mai 1947.

(²) R. HAZARD, *Les sympatholytiques de synthèse en Chimiothérapeutique*, Paris, 1941.

(³) B. MINZ, *Proc. Soc. Exper. Biol. Med.*, 63, 1946, p. 280.

(⁴) B. MINZ et PLOTKA, *C. R. Soc. Biol.*, 1947, séance du 8 février, Note I.

définies (5) (6). L'effet de la co-carboxylase a été interprété comme étant dû à son intervention dans la décarboxylation de l'acide pyruvique. D'où augmentation de concentrations en radicaux acétyl libres néccessaires à la formation de l'acétylcholine par union avec la choline. Quant à l'adrénochrome, il favorise la transformation de l'acide lactique en acide pyruvique et réalise ainsi concurremment avec la co-carboxylase un accroissement de la concentration en acide acétique.

Cet ensemble de constatations nous a amenés à rechercher si les sympatholytiques du type synthétique (933 F) ou naturel (yohimbine, corynanthine) inhibent également l'action de l'adrénochrome dans la synthèse du médiateur cholinergique. Nos expériences nous ont montré le bien-fondé de cette hypothèse pour tous ces composés. Le renforcement net par l'adrénochrome ($0,5 \times 10^{-3}$ dans 60^{cm^3} de Tyrode) de l'effet de la choline (1^{mg}) sur les contractions de l'intestin est toujours totalement supprimé si nous ajoutons préalablement 1×10^{-4} de yohimbine ou la dose appropriée de 933 F ou de corynanthine. Il y a plus, les sympatholytiques empêchent aussi l'action favorisante de la co-carboxylase. Voici à l'appui de cette affirmation un type d'expérience sur l'intestin de Lapin, expérience qu'illustrent les figures ci-contre. En (1)

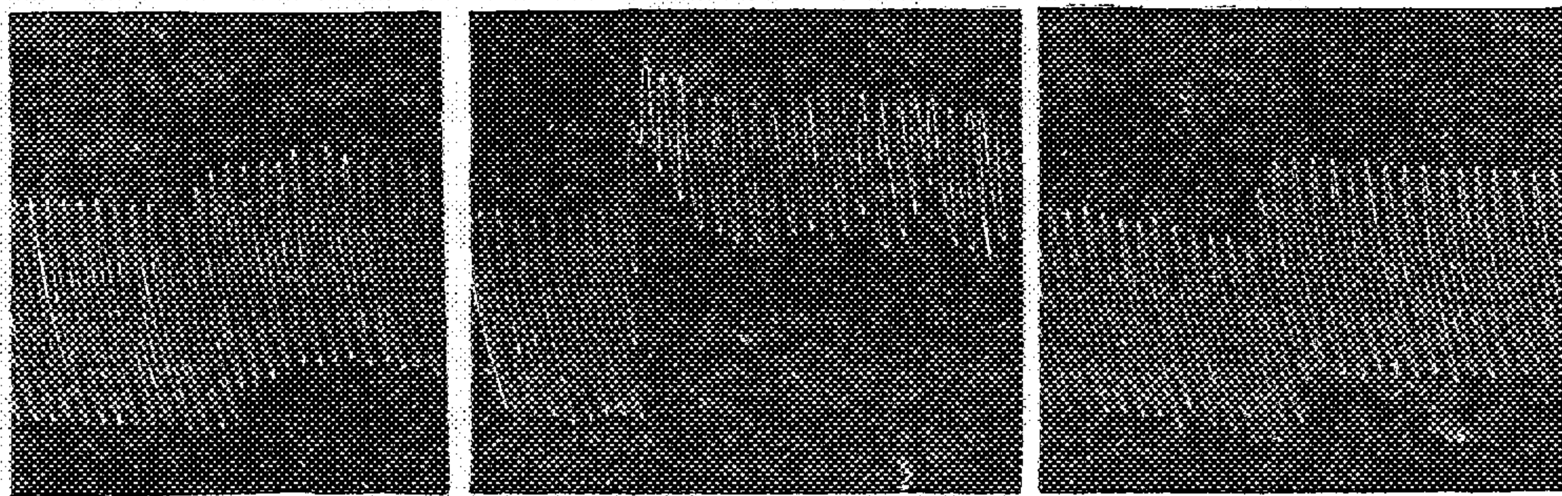


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

nous avons fait agir $0^{mg},5$ de choline dans 60^{cm^3} de tyrode; cette action est renforcée par adjonction de 1^{mg} de co-carboxylase (2); en (3) l'effet de l'addition de co-carboxylase est inhibé par introduction préalable de yohimbine. Des graphiques analogues sont obtenus avec 933 F et corynanthine.

Comment interpréter ce phénomène ? Deux hypothèses se présentent à l'esprit : 1° il y aurait inhibition directe du système enzymatique de décarboxylation de l'acide pyruvique rendant la synthèse du médiateur impossible par défaut de radicaux acétyl; 2° il pourrait y avoir inhibition de l'estérification de la choline par les radicaux acétyl. L'action inhibitrice des sympatholytiques

(5) B. Minz et C. Plotka, *C. R. Soc. Biol.*, 1947, séance du 8 février, Note II.
(6) B. Minz et C. Plotka, *Arch. des Sciences Physiol.*, 1, fasc. I, 1947 (sous presse).

porterait alors sur le système enzymatique responsable de cette transformation, qu'il s'agisse de la *choline acétylase* de Nachmansohn et Machado ou de la cholinestérase (sens de la synthèse). Nos expériences en cours montreront laquelle des deux hypothèses doit être retenue.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Comparaison entre les préparations de cytochrome-oxydase de muscle cardiaque et la laccase.* Note de MM. **Didier Bertrand** et **Raymond Gavard**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La démonstration récente du fait que la laccase ([1]) oxyde réversiblement le cytochrome C et la cystéine avait fait penser à l'un de nous, en l'absence de précision quantitative pour la cytochrome oxydase de muscle cardiaque, que ces deux diastases devaient être assez voisines. C'est pour vérifier le bien-fondé de cette hypothèse que nous avons repris, dans les conditions employées pour la laccase, l'étude de la cytochrome oxydase. Il existe pour cette dernière deux modes de préparations dérivés de celui qu'avaient indiqué Batelli et Stern en 1912 : la technique de Keilin et Hartree (1935) et celle de Haas (1943). La comparaison, que nous avons faite, des méthodes de mesure de l'action oxydasique employée par ces auteurs, montre que leurs préparations avaient sensiblement la même activité. En outre, les chiffres trouvés par la technique de Keilin et Hartree (t 39°, pH 7,3, tampon 0,1 M) correspondent à ceux que donne la technique de Haas (t 25°, pH. mesuré par nous, de 8, tampon 0,05 M). Haas utilise un tampon de pH 7,1 avec une préparation de cytochrome oxydase à pH 9,5. Nous avons employé l'une et l'autre technique, qui nous ont donné les mêmes résultats; celle de Haas exigeant moins de cytochrome C (préparé suivant Keilin et Hartree). Dans les deux cas, ce dernier est oxydé dans un tampon de phosphates en présence d'hydroquinone qui sert d'accepteur final d'oxygène; les témoins sont faits en l'absence de cytochrome.

Cohen et Elvejhem (1934) avaient remarqué que la réaction de l'indophénol-oxydase était moins nette dans une solution de Ringer tamponnée par du phosphate M/30 que dans le Ringer sans phosphate. Or, l'expérience montre, qu'il s'agisse de préparation faite suivant la technique de Keilin et Hartree ou celle de Haas, que l'activité cytochrome-oxydasique varie beaucoup avec la concentration en phosphates. A pH constant (mesuré), l'optimum se place vers 0,06-0,07 M. L'activité décroît ensuite rapidement pour des concentrations plus fortes et devient pratiquement nulle au delà de 0,17 M. Ce fait est important et montre que l'ion phosphorique joue un rôle dans la réaction.

A concentration constante en phosphates (0,1 M) la cytochrome-oxydase et la laccase agissent différemment sur les divers substrats (tableau).

([1]) Les indications bibliographiques ainsi que d'autres détails paraîtront dans une autre publication.

	Cytochrome-oxydase.		Laccase.	
	pH optimum.	perte de 50 % d'activité à pH.	pH optimum.	perte de 50 % d'activité à pH.
Cytochrome C........	8,0	8,15-7,5	7,1	7,4-6,8
p-phénylènediamine ...	7,00	8,0 -6 (30 %)	6,25	7,0-5,3
Hydroquinone.........	7,55	7,8 -7,3	6,35	7,0-5,8

En outre pour une même préparation, le rapport du Qo^2 pour la *p*-phénylènediamine au Qo^2 pour l'hydroquinone (aux pH optima respectifs) est de 6,1 pour la cytochrome-oxydase, contre 0,93 pour la laccase.

Les Qo^2 aux pH optima (0,1 M en phosphates) pour le cytochrome C, la *p*-phénylènediamine et l'hydroquinone sont entre eux comme 1 à 0,94 et 0,156 pour l'une des préparations de cytochrome-oxydase étudiée. Cette dernière n'a pas d'action sur le 3.3'-diméthyl-4.4' diamino-biphényle, qui, comme l'a montré l'un de nous, est un réactif colorimétrique très sensible de la laccase.

Il est généralement admis que le facteur indophénol-oxydasique est identique au facteur cytochrome-oxydasique. Les faits suivants contredisent cette opinion. Si l'on prend une préparation faite suivant la technique de Keilin et Hartree et qu'on la laisse vieillir, on constate que le Qo^2 pour la *p*-phénylènediamine varie peu alors que celui pour le cytochrome C varie beaucoup. Si bien que nous avons eu une préparation où ces deux facteurs étaient dans le rapport de 1 à 0,66 (phosphates 0,1 M et pH optimum). L'inverse se passe avec une préparation faite suivant la technique de Hass et pour laquelle, dès l'origine, le Qo^2 pour la *p*-phénylènediamine est faible. Nous avons ainsi eu une prépation où ces facteurs étaient dans le rapport de 1 à 15,4. L'examen des chiffres donnés par Keilin et Hartree, dans leur mémoire, montre d'ailleurs que ces deux auteurs ont eu eux-mêmes des préparations où ces rapports d'activité étaient très variables.

Conclusion. — La laccase et la cytochrome-oxydase sont des diastases d'actions différentes. Contrairement à ce qui était admis jusqu'ici, l'indophénol-oxydase doit être considérée comme étant une diastase distincte de la cytochrome-oxydase extraite de muscle cardiaque de mammifère.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de quelques substances inhibitrices sur la respiration et la fermentation de* Esch. Coli. Note de MM. **Eugène Aubel** et **Jekisiel Szulmejster**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'azide de sodium n'inhibe pas la respiration de *Esch. Coli* en présence de glucose ou d'acide pyruvique (Clifton et Logan). Par contre, nous avons pu montrer un blocage de la fermentation des mêmes substances mises en présence de N_3Na. Comme on sait, depuis les travaux de Meyerhof, que l'azide inhibe

l'action de l'apyrase, donc interfère dans les procès de phosphorylation, il était important de comparer son action avec celle d'autres inhibiteurs.

Les expériences ont été faites à l'aide de cultures de *Esch. Coli* âgées de 16 heures. Les bactéries, lavées avec une solution de chlorure de sodium à 9 °/₀₀ étaient soumises une heure à l'action d'un courant d'air. Les suspensions furent faites dans un tampon phosphates M/15, à pH 6,8 et les mesures effectuées à 38° par la méthode manométrique de Warburg. Voici les résultats :

Respiration. (Les résultats sont exprimés en Q_{O_2}.)

	Témoin.	Malonate Na M/3,8.	KCN M/230.	Na F M/30.	N_3Na M/1600.	CH_2ICOONa M/1000.
Glucose M/90	−93	−92	−16	−92	−121	−14
Hexose monophosphate Mg M/90...	−40	−10	−11	−12	−35	−8
Hexose diphosphate Mg M/90.....	−45	−4	−15	−15	−9	−12

Le glucose se comporte donc différemment des hexoses phosphates en présence du malonate de sodium, du fluorure de sodium et de l'azide. Il semble dans nos conditions expérimentales (bactéries non proliférantes) pouvoir être utilisé sans phosphorylation. D'autre part, l'action de KCN et de CH_2ICOONa sur la respiration des trois métabolites est comparable. Peut-être leur action porte-t-elle sur une réaction intermédiaire commune aux trois corps.

Fermentation. (Résultats exprimés en $Q^{N}_{CO_2+H_2}$.)

	Témoin.	Malonate Na M/3,8.	KCN M/230.	Na F M/30.	N_3Na M/800.	CH_2ICOONa M/1000.
Glucose M/90	+334	+1,3	+4,1	+0,3	+33	+3
Hexose monophosphate Mg M/90...	+28	+8,5	0	+1	+6	0
Hexose diphosphate Mg M/90.....	+53	+2,6	0	+11	0	0

Ici on retrouve les résultats classiques. Le glucose se comporte comme les hexoses phosphates. Il doit être phosphorylé pour être utilisé.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la répartition des phosphomonoestérases isodynames chez les principales Salmonelles* (¹). Note (²) de MM. **Marcel Paget** et **Christian Vittu**.

Nous avons étendu nos recherches sur les phosphomonoestérases d'origine bactérienne (³) aux principales Salmonelles non encore étudiées : *S. typhi murium* (Souche Ærtrycke et Souche Moüse typhus de l'Institut Pasteur de

(¹) Nous considérons comme salmonelle tout germe dont les caractères sérologiques permettent le classement dans le schéma de Kauffman White. Cette conception, défendue par Kauffman, permet de ranger *E. coli* parmi les salmonelles.

(²) Séance du 28 mai 1947.

(³) *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 216-218; *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 864-866.

Paris); *S. enteridis*; *S. pullorum*; *S. gallinarum* (souche Amespil); *S. Danysz*; *S. typhi suis*. La technique d'étude que nous avons adoptée tient compte des phosphates préformés et de ceux libérés au cours de l'autolyse dans toute la gamme des pH prospectée (pH 3,6 à pH 10). Elle a été développée dans nos deux Notes antérieures ([3]).

Nos résultats qui sont condensés dans le tableau ci-dessous nous obligent à poser la question de l'existence d'α et β glycérophosphatases spécifiques, toujours controversée à l'heure actuelle et à y répondre *affirmativement*. L'évolution inverse des courbes représentatives de l'hydrolyse des α et β glycérophosphates dans certaines zones de pH, est caractéristique chez *S. paratyphi B*, *S. paratyphi C*, *S. pullorum*, *S. gallinarum* et *S. Danysz*.

C'est donc avec raison que nous envisageons pour chaque type de phosphomonoestérases des glycérophosphatases α et β correspondantes.

		I.	II.	III.	IV.	Action préférentielle.
S. Coli	α...	o	o	+	+	β > α jusque pH 7
	β...	o	o	+	+	α = β entre les pH 7 et 10.
S. typhi H 901	α...	o	o	?	+	α > β sauf entre les pH 3,6 et 4,8
	β...	o	o	?	+	
» O 901	α...	o	o	?	+	α > β sauf entre les pH 3,6 et 5
	β...	o	o	?	+	
S. Paratyphi A	α...	+	o	o	o	α > β dans toute la zone des pH 3,6 à 10
	β...	?	o	o	+	
» B	α...	+	o	o	+	α > β dans toute la zone des pH 3,6 à 10
	β...	o	o	o	+	
» C, souche Varsovie	α...	?	o	+	+	α > β sauf entre les pH 3,6 et 5,4
	β...	o	o	+	+	
S. Typhi murium, souche Aertrycke I. P. Paris	α...	o	o	?.	+	α > β sauf entre les pH 3,6 et 5,4
	β...	o	o	+	?	
S. Enteridis	α...	o	o	o	+	α > β dans toute la zone des pH 3,6 à 10
	β...	o	o	o	+	
S. Pullorum	α...	+	o	?	?	α > β dans toute la zone des pH 3,6 à 10
	β...	+	o	o	o	
S. Gallinarum Amespil	α...	+	?	+	o	α > β entre les pH 7,8 et 10
	β...	o	?	+	o	β > α » 3,6 et 6,4
S. Danysz	α...	+	o	+	o	α > β sauf entre les pH 4,2 et 5,2
	β...	o	+	?	o	
S. Typhi murium, souche Moüse typhus I. P. Paris.	α...	+	o	?	+	α > β sauf entre les pH 3,6 et 5,2
	β...	?	o	+	?	
S. Typhi suis	α...	+	o	o	+	α > β sauf entre les pH 3,6 et 4
	β...	+	o	o	+	

La lecture de ce tableau rend compte de la répartition des phosphomonoestérases isodynames chez les principales Salmonelles et doit permettre de jeter les bases d'une nouvelle classification biochimique de ces entérobactéries.

MICROBIOLOGIE. — *Étude de la circulation mésentérique chez des animaux traités par une endotoxine bactérienne.* Note (¹) de M. **Albert Delaunay**, M^me **Jacqueline Lebrun** et M^me **Marcelle Delaunay**, transmise par M. Gaston Ramon.

Dans le dessein de préciser nos connaissances sur le mode d'action des endotoxines (²), nous avons étudié par examen direct du mésentère les réactions vasculaires et l'état de la circulation chez des animaux traités par de fortes doses d'endotoxine typhique. La méthode que nous avons suivie rappelle celle qui a été utilisée récemment par R. Chambers et B. W. Zweifach (³) et qu'on peut recommander pour sa simplicité.

Nos expériences ont porté sur des souris (20^g) et des cobayes (250^g), de l'un ou l'autre sexe, en parfait état physiologique. Les animaux étaient anesthésiés soit par l'éther (souris) administré en inhalation, soit par l'éthyluréthane (cobayes) en injection sous-cutanée. Lorsque l'anesthésie obtenue était satisfaisante, l'abdomen de ces animaux était rasé, puis, par une étroite ouverture pratiquée aux ciseaux sur l'un des flancs, on retirait délicatement une anse de l'intestin grêle. Celle-ci était déposée sur une petite plaque de liège perforée en son centre, de telle manière que l'anse elle-même se trouvait accrochée aux bords de la plaque pendant que le mésentère était tendu sur l'orifice. On plaçait finalement cette préparation sur la platine d'un microscope, les rayons lumineux devant traverser le mésentère avant d'atteindre l'objectif. Dans ces conditions, les vaisseaux mésentériques (artères, artérioles, veines et veinules, capillaires), les cellules qu'ils renferment (leucocytes surtout) se distinguent avec netteté. On peut, par ailleurs, apprécier grossièrement la rapidité du courant circulatoire. Avec un peu d'habitude, l'opération n'est pas difficile à réaliser. Cependant, pour sa bonne réussite, un certain nombre de précautions doivent être prises : *a*, manier l'intestin avec beaucoup de douceur pour éviter les hémorragies et ne pas déchirer le mésentère; *b*, éviter le refroidissement de l'animal (nous avons souvent effectué nos expériences dans une chambre étuve à 30°); *c*, éviter la dessiccation de l'intestin et du mésentère, ce qu'on obtient aisément en déposant de temps à autre sur la préparation quelques gouttes de Ringer tiède. En opérant dans les conditions optima, l'examen microscopique du mésentère peut être prolongé sans peine pendant une heure ou même plusieurs heures. Lorsqu'il s'agit d'animaux normaux, la circulation s'effectue convenablement, sans que les vaisseaux soient le siège de modifications anormales. Au contraire, chez les animaux intoxiqués, on peut enregistrer un certain nombre de perturbations.

Nous avons obtenu des résultats particulièrement nets chez le Cobaye. Les animaux étant placés sur la platine du microscope, leur mésentère étalé sous l'objectif, nous injections dans la saphène une dose d'endotoxine typhique mortelle en un tout petit nombre d'heures. Au moment même de l'injection, la circulation mésentérique ne paraît pas troublée, mais rapidement, au bout de quelques minutes, cette circulation s'accélère et souvent d'une façon considé-

---

(¹) Séance du 28 mai 1947.

(²) Voir nos deux Communications présentées à la *Société de Microbiologie* en janvier 1947. Elles paraîtront dans *les Annales de l'Institut Pasteur.*

(³) *Am. J. Anat.*, 75, 1944, p. 173.

rable. En même temps, le long des artères de moyen calibre et des artérioles, des contractions apparaissent dont l'amplitude est variable, — il n'est pas rare qu'elle soit très grande — et qui atteignent un segment de vaisseau plus ou moins important. Ces contractions se produisent également, mais avec moins de violence, au niveau des veines. Quant aux capillaires, leurs parois ne semblent subir aucune modification. Les contractions se maintiennent pendant un certain temps, puis, sans raison apparente, elles font place à une vasodilatation qui est accompagnée en général d'un ralentissement du courant. Parfois, cette dilatation devient considérable. La circulation se ralentit alors à l'extrême, elle peut même s'arrêter. Elle reprend brusquement au bout de quelques minutes lorsqu'une nouvelle vague de contractions se manifeste. Les leucocytes roulent le long des parois vasculaires et au milieu des globules rouges, plus ou moins vite, en fonction de la rapidité du courant. Cette série de phénomènes se renouvelle dans les mêmes conditions pendant que l'intoxication progresse. A la phase terminale de l'intoxication cependant, les contractions vasculaires sont moins nettes et finalement une vaso-dilatation généralisée et durable apparaît. La circulation se ralentit. Elle s'arrêtera peu de temps avant la mort de l'animal.

Ce sont des faits du même ordre que nous avons observés chez les souris (injection du poison bactérien dans une des veines caudales), mais chez cet animal l'intoxication progressant plus lentement, ce qui prolonge excessivement l'examen; les réactions vasculaires nous ont paru moins faciles à suivre.

Les résultats que nous venons de rapporter nous paraissent intéressants pour plusieurs raisons.

a. Les phénomènes de vasoconstriction que nous avons observés rappellent ceux qu'ont signalés différents auteurs ([4]) au cours d'études sur le choc traumatique. Dans cette nouvelle analogie, nous trouvons une preuve supplémentaire en faveur de la thèse que nous soutenons ([2]) et qui rapproche l'état d'intoxication déterminé par une endotoxine bactérienne d'un état de choc traumatique.

b. D'autre part, le fait que la circulation mésentérique, bien que perturbée, se poursuit néanmoins jusqu'à la mort de l'animal, en d'autres termes, le fait qu'il n'existe pas réellement de stase sanguine dans le mésentère nous apprend que l'inhibition de la diapédèse ([5]) n'est pas simplement causée par une irrigation sanguine tout à fait défectueuse.

A 15h40m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m. A. Lx.

([4]) J. H. Page et R. G. Abell, *J. of exp. Med.*, **77**, 1943, p. 216; B. W. Zweifach et coll., *Am. J. of Physiol.*, **142**, 1944, p. 80.

([5]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 699; **223**, 1946, p. 1037.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 JUIN 1947.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI VILLAT.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau de l'Académie la *Connaissance des Temps ou des Mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an* 1947, publiée par le Bureau des Longitudes.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les difficultés des définitions asymptotiques.* Note de M. **Émile Borel**.

L'une des principales difficultés de la théorie des ensembles est de définir effectivement un ou plusieurs éléments de certains ensembles. Certains auteurs, à l'exemple d'Henri Lebesgue, se contentent de *nommer* un élément, le verbe *nommer* étant un synonyme affaibli du verbe *définir*. Je voudrais signaler les difficultés particulières qui se présentent lorsqu'il s'agit d'ensembles dont la définition est asymptotique, c'est-à-dire fait état exclusivement du comportement des *derniers éléments* d'une suite dénombrable. Tel est le cas, par exemple, des nombreuses définitions basées sur le comportement à l'infini d'un développement en fraction continue ou en fraction décimale. C'est le cas aussi pour les ensembles que j'ai appelés E_α dans une Note précédente [1], et l'on peut trouver dans ce fait l'origine des paradoxes signalés dans cette Note.

Considérons, pour simplifier, des ensembles D_α définis par la condition que deux nombres α_1 et α_2 appartiennent à un même D_α lorsque la différence $\alpha_1 - \alpha_2$ est une fraction décimale. Nous supposons tous les points α compris entre 0 et 1. Si l'on connaît un point de D_α, on connaît immédiatement tous les autres; on peut ainsi définir autant d'ensembles D_α, distincts ou non, que l'on connaît de nombres rationnels ou de nombres irrationnels (nombres algébriques, nombres algébrico-différentiels tels que e ou π, etc.). Dans chacun de ces ensembles D_α, on connaît naturellement un élément distingué, celui-là même qui a permis de le définir. Mais l'on sait qu'une infinité dénombrable quelconque de points est loin d'épuiser le continu. Les diverses méthodes par

---

[1] *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1537.

lesquelles on démontre ce résultat permettent d'indiquer un moyen de définir (ou nommer) un nombre nouveau n'appartenant pas à l'infinité dénombrable donnée. On pourrait croire qu'il ne serait peut-être pas impossible par une sorte d'induction transfinie, d'arriver ainsi à épuiser le continu, du moins s'il a effectivement la même puissance que les nombres transfinis de première classe. Mais il se présente une grave difficulté.

On a pris l'habitude, pour des raisons pratiques, de considérer comme une définition suffisante pour un nombre irrationnel toute méthode qui permet d'en calculer successivement les chiffres décimaux; on connaît ainsi le nombre de proche en proche, avec une approximation de plus en plus grande, c'est-à-dire avec une erreur de plus en plus faible. C'est ainsi que l'on démontre que le continu n'est pas dénombrable.

Mais il est évident qu'un tel mode de définition est complètement illusoire lorsqu'il s'agit d'un ensemble à définition asymptotique tel que D_α. D'après la nature même de cet ensemble, on peut choisir d'une manière absolument arbitraire un nombre quelconque des premiers chiffres décimaux, puisque ce sont seulement les *derniers* chiffres qui caractérisent l'ensemble. Par suite, tous les procédés de définition qui tendent seulement à faire connaître un nombre avec une certaine approximation ne servent *rigoureusement à rien*. Arriverions-nous à calculer un milliard de chiffres décimaux, cela ne nous apprendrait rien que nous ne sachions déjà; nous n'avons pas fait le plus léger progrès dans la connaissance de l'ensemble D_α. Un tel ensemble ne peut être défini réellement que soit si l'on donne un nombre bien défini, tel que $\sqrt{2}$ ou π, bien que l'on ne connaisse pas la loi de ces chiffres décimaux, soit si l'on donne effectivement une certaine loi permettant de connaître tous les chiffres décimaux, mais les nombres ainsi définis d'une manière artificielle n'ont pas d'intérêt en mathématique, car on ne leur connaît pas d'autre propriété que leur définition.

On voit que la difficulté de la définition des ensembles que j'ai appelés F dans la Note citée, peut être regardée comme tenant à la difficulté même de la définition des ensembles E_α, s'il est exact que le seul moyen de définir un tel ensemble est d'en définir d'abord un élément; en ce cas, le choix est fait d'avance et ne présente donc pas de difficultés, mais la difficulté est déplacée, puisque nous ne pouvons définir qu'une infinité dénombrable d'ensembles E_α (ou D_α), alors que l'ensemble de ces ensembles a la puissance du continu.

Il est à peine besoin de faire observer que des difficultés analogues à celles que nous venons de signaler se présentent à propos de méthodes asymptotiques utilisées dans la théorie moderne des ensembles et notamment des projections et des filtres. Lorsqu'il s'agit de déterminer si un point a est inférieur à un intervalle bc, on a pris l'habitude d'admettre qu'il suffit de savoir calculer les abscisses des points a, b, c, avec une approximation de plus en plus grande, et cela est vrai jusqu'à un certain point. Mais, lorsqu'il s'agit de savoir si un nombre a satisfait à une certaine condition asymptotique, le problème ne fera

pas le moindre progrès vers la solution aussi longtemps que l'on ne trouvera pas le moyen de faire entrer effectivement en ligne de compte toutes les propriétés asymptotiques du nombre a. Tel est le cas, par exemple, dans les démonstrations du fait que les nombres e et π ne sont pas algébriques. Mais ce sont là des cas exceptionnels, dus à la connaissance approfondie que nous avons de ces nombres particuliers.

Observons que l'on pourrait, d'après ce qui précède, se borner à considérer un ensemble dénombrable d'ensembles E_α tels que ceux qui sont définis dans la Note citée, chacun de ces E_α étant donné par un élément distingué, choisi parmi les nombres irrationnels qui peuvent être définis avec précision. On formerait ainsi une infinité dénombrable d'ensembles G_a, analogues aux F_a de la Note citée, avec cette différence que chacun des G_a serait un ensemble dénombrable. Mais on retrouve alors simplement la proposition classique, d'après laquelle une infinité dénombrable d'ensembles dénombrables est elle-même un ensemble dénombrable. Pour que l'on puisse recouvrir tout l'intervalle o — 1 au moyen d'une infinité dénombrable des F_a, il est indispensable que chacun des F_a ait la puissance du continu, et ceci ne peut être obtenu que par l'axiome du choix.

Bien entendu, je ne saurais contester le droit des mathématiciens à se livrer à des spéculations abstraites sur des êtres indéfinissables, ou dont la définition implique des conditions dont le nombre dépasse les facultés humaines. Mais, pour que de telles spéculations deviennent intéressantes, à mon avis, il faudrait savoir résoudre des problèmes qui, jusqu'ici, sont restés insolubles. Considérons par exemple une fonction $f(x)$ égale à zéro pour tout nombre dont le développement en fraction décimale comporte 10^{100} chiffres zéros consécutifs et égale à 1 pour les autres nombres. On sait que cette fonction $f(x)$ est nulle presque partout, c'est-à-dire sauf dans un ensemble de mesure nulle, mais l'étude de cette fonction ne deviendra intéressante que le jour où l'on saura calculer la valeur de $f(\sqrt{2})$, de $f(e)$, de $f(\pi)$, etc. Il est très vraisemblable que cette valeur est zéro, mais nous ne savons pas le démontrer. Dans l'état actuel de la science, la fonction $f(x)$ apparaît expérimentalement comme égale presque toujours à 1, bien que nous puissions démontrer théoriquement le contraire. Nous ne connaissons, en effet, parmi les x pour lesquels $f(x)=0$, que ceux que nous construisons exprès pour cela.

Les difficultés seraient plus grandes encore si nous exigions que le développement de α en fraction décimale comporte un nombre de zéros consécutifs supérieur à tout nombre donné d'avance.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Les notions de tétrade première et de tétrade seconde*. Note de M. **René Souèges**.

On peut parler de tétrade pour désigner un groupement de quatre unités, de quatre éléments quelconques. En Embryologie générale, c'est-à-dire dans la

science du développement comprise dans le sens le plus large, embrassant les phénomènes antérieurs et postérieurs à la fécondation, prenant en considération la sporogenèse et la gamétogenèse aussi bien que l'embryogenèse proprement dite, il est passé dans l'usage d'appeler *tétrade* ou *quartet* les quatre microspores ou les quatre macrospores qui prennent naissance dans les microsporocytes ou les macrosporocytes. L'expression s'étend à tout le règne végétal; on l'emploie chez les Ptéridophytes tant isosporés qu'hétérosporés, chez les Bryophytes, chez les Thallophytes où l'on rencontre fréquemment des tétraspores naissant dans des tétrasporanges. En embryogénie tout particulièrement, c'est-à-dire lorsqu'on envisage le seul développement de l'embryon, après la fécondation, on observe, à la deuxième génération cellulaire, un groupement caractéristique des quatre premiers blastomères auquel on donne également le nom de tétrade. Il est assez intéressant de constater que le terme s'applique, dans ce dernier cas, aux quatre premiers éléments qui, après la fécondation, sont à l'origine du sporophyte, et que, dans le premier cas, il s'applique de même aux quatre premiers éléments qui, après la méiose, sont à l'origine du gamétophyte. Ce n'est là sans doute qu'un simple rapprochement, dépourvu selon toute vraisemblance de signification; on conviendra néanmoins qu'il étaye heureusement les raisons que j'ai déjà données ([1]) de considérer la tétrade proembryonnaire et le stade qu'elle représente comme offrant un intérêt tout particulier dans l'établissement des lois embryogéniques et de la classification périodique.

Dans chaque période de cette classification, trois divisions ont été introduites : une série A, une série B et une série C. Chacune de ces séries est caractérisée par une forme particulière de tétrade, dépendant de la direction verticale, oblique ou transversale de la paroi de segmentation dans la cellule apicale du proembryon bicellulaire. On distingue encore dans ces séries deux variantes selon que, dans les trois principaux types de tétrade, la cellule basale se cloisonne par une paroi à direction verticale ou transversale ([2]). Au total, le proembryon quadricellulaire offre six dispositions différentes qui servent à définir les groupes embryogéniques, à déterminer leurs rapports et qui donnent, en outre, la clé du mode d'enchaînement des périodes.

On sait que, chez les espèces qui se rangent dans la deuxième période, les lois du développement s'appliquent, non à l'oospore, mais à sa cellule-fille supérieure, la cellule apicale du proembryon bicellulaire. Par application de ces lois et du principe de la correspondance des formes, cette cellule donne, à la première génération, deux cellules superposées et, à la deuxième, une tétrade appartenant à l'une des catégories dont on connaît maintenant les caractéristiques. Or il arrive que, dans la plupart des espèces, il se développe, à la

([1]) *Embryogénie et Classification*, II, Paris, 1939, pp. 38-39.

([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 978.

deuxième génération à partir, non de la cellule apicale, mais de l'œuf, une tétrade d'une catégorie qui peut être identique à celle de la tétrade produite par la cellule apicale mais qui peut aussi en être différente.

Il convient de bien distinguer ces deux sortes de tétrades, toujours si profondément dissemblables par l'origine et les destinées de leurs blastomères constitutifs. On appellera *tétrade première* celle qui se compose des quatre premiers blastomères produits directement par l'oospore, et *tétrade seconde* celle qui comprend les quatre blastomères engendrés par la cellule apicale.

On pourra, de même, parler de tétrade troisième dans le cas de types embryonomiques se classant dans la troisième période et offrant aux périodes précédentes des tétrades de l'une ou l'autre catégorie.

La tétrade première ne peut entrer en ligne de compte dans l'établissement des lois embryogéniques, car le principe de la correspondance des formes démontre nettement que ses deux cellules supérieures ne sont pas, aux deux générations suivantes, génératrices de blastomères représentant d'abord des quadrants puis des octants. Les tétrades premières sont toujours des tétrades linéaires et leurs deux cellules supérieures sont les deux cellules superposées, filles de la cellule apicale, que l'on rencontre à la première génération de cette dernière cellule et qui produisent une tétrade seconde à la deuxième génération, des quadrants à la troisième, des octants à la quatrième.

Voici les espèces, qui entrent pour l'instant dans la deuxième période, et chez lesquelles ont pu être observées les deux sortes de tétrades, première et seconde :

— *Campanula patula, Lobelia syphilitica, Samolus Valerandi, Portulaca oleracea, Pyrola rotundifolia, Hypericum perforatum, Androsæmum officinale,* qui offrent une tétrade première linéaire filamenteuse (variante C_2) et une tétrade seconde en T avec paroi supérieure verticale (var. A_2).

— *Melilotus arvensis, Vicia sepium,* qui présentent une tétrade première linéaire globuleuse (var. C_1) et une tétrade seconde en T globuleuse (var. A_1).

— *Ligustrum ovalifolium, Drosera rotundifolia, Actinidia chinensis, Armeria plantaginea, Polycarpon tetraphyllum* avec une tétrade première linéaire filamenteuse (var. C_2) et une tétrade seconde de même catégorie.

— *Chelidonium majus* chez lequel s'observent deux tétrades premières, l'une linéaire globuleuse (var. C_1), l'autre linéaire filamenteuse (var. C_2) et quatre tétrades secondes, l'une en T avec paroi supérieure verticale, globuleuse (var. A_1) la deuxième en T également filamenteuse (var. A_2), la troisième linéaire globuleuse (var. C_1), la quatrième linéaire filamenteuse (var. C_2).

— *Ervum hirsutum* qui offre une tétrade première linéaire globuleuse (var. C_1) et une tétrade seconde également linéaire globuleuse (var. C_1).

— *Fumaria officinalis* qui possède deux tétrades premières, l'une linéaire globuleuse (var. C_1), l'autre linéaire filamenteuse (var. C_2), et une tétrade seconde linéaire globuleuse (var. C_1).

— *Orobus vernus* avec une tétrade première linéaire globuleuse (var. C_1) et une tétrade seconde également linéaire globuleuse (var. C_1).

Chez quelques espèces, qui se rangent également dans la deuxième période, il apparaît, aux tout premiers termes du développement, des formes quadricellulaires qu'il faut se garder de confondre avec des tétrades premières; ce sont de *fausses tétrades*. Comme je l'ai déjà démontré ailleurs ([1]) la tétrade se définit essentiellement par la loi des origines : ses quatre éléments constitutifs résultent de la bipartition des deux éléments superposés qui la précèdent à la première génération cellulaire. Les fausses tétrades ne répondent pas à cette définition; elles se produisent quand la cellule basale se différencie directement en une grosse vésicule haustoriale ou lorsque, par suite d'un retard marqué de la segmentation dans son intérieur, elle reste momentanément indivise. Si les deux cellules supérieures superposées, *cc* et *cd*, filles de la cellule apicale, se segmentent l'une avant l'autre, il apparaît alors quatre éléments qui ne peuvent constituer qu'une fausse tétrade.

Chez le *Sagina procumbens* ([3]), par exemple, on rencontre un proembryon comportant quatre éléments superposés qui ne représentent nullement une tétrade véritable, puisque la cellule du sommet est la cellule *cc*, fille supérieure de la cellule apicale, que les deux cellules médianes sont sœurs et filles de la cellule *cd*, fille inférieure de la cellule apicale, et que la cellule du bas est la cellule basale indivise destinée à produire une grosse vésicule micropylaire. La tétrade vraie est une tétrade linéaire filamenteuse (var. C_2) qui apparaît après segmentation transversale de la cellule terminale *cc*; elle tire tout entière son origine de la cellule apicale. Chez le *Saxifraga granulata* ([4]), il se forme une fausse tétrade semblable; la tétrade vraie est une tétrade en T à paroi supérieure verticale, variante A_2, la cellule supérieure, *cc*, se cloisonnant, dans ce cas, verticalement. Chez le *Medicago Lupulina* ([5]), la fausse tétrade offre l'aspect d'une tétrade en T de la variante A_2; elle est composée de deux cellules supérieures juxtaposées, filles de *cc*, petites-filles de la cellule apicale, d'une cellule intermédiaire, *cd*, fille inférieure de la cellule apicale et d'une cellule inférieure qui est la cellule basale encore indivise, mais qui donnera plus tard quelques éléments du suspenseur filamenteux. La vraie tétrade est encore une tétrade en T de la variante A_2; elle s'observe, au terme de la division suivante, après séparation de la cellule *cd* en deux éléments superposés.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'action vasomotrice périphérique de l'anoxémie et de l'hypercapnie.* Note ([1]) de MM. **Léon Binet** et **Méjer Burstein**.

L'anoxémie et l'hypercapnie agissent sur le tonus vasculaire par un double mécanisme : une stimulation, directe ou réflexe, des centres vasomoteurs et une action périphérique propre.

([3]) *Bull. Soc. bot. Fr.*, 71, 1924, p. 597, fig. 16 et 18.
([4]) R. Souèges, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 83, 1936, p. 321, fig. 5 et 8.
([5]) R. Souèges, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 76, 1929, p. 101, fig. 7 et 10.

([1]) Séance du 2 juin 1947.

La technique de la patte perfusée, antérieurement décrite ([2]), permet de dissocier ces deux effets et d'analyser l'action de l'anoxémie et de l'hypercapnie au niveau des vaisseaux normalement innervés, indépendamment de toute action sur les centres vasomoteurs. Rappelons qu'il s'agit d'une perfusion à débit constant, de la patte postérieure d'un Chien A, patte circulatoirement isolée et qui a gardé intactes ses connexions nerveuses. Cette perfusion se fait avec le sang artériel d'un Chien B, les deux animaux étant chloralosés et héparinés. La pression dans les vaisseaux de la patte dépend uniquement de leur tonus, l'enregistrement de la pression artérielle permet donc de suivre les variations de ce tonus.

En faisant respirer un mélange pauvre en oxygène ou riche en CO^2 au donneur B, on enregistre au niveau de la patte, normalement innervée, de A, la réponse vasculaire, d'origine purement locale, déclenchée ou par l'anoxémie ou par l'hypercapnie. Il est très facile, dans ces conditions, de mettre en évidence l'action vasodilatatrice du sang au cours de l'anoxémie aiguë réalisée par la respiration de B dans l'azote.

Comme le montre la figure 1, la pression dans les vaisseaux de la patte baisse de 150 à 60 mm Hg. L'intensité de la vasodilatation est dans une certaine mesure fonction du tonus vasculaire d'origine centrale. La vasodilatation anoxémique est faible au niveau d'une patte énervée; elle est particulièrement forte si le tonus a été renforcé par une petite hémorragie chez le propriétaire. L'anoxémie diminue ainsi la réponse des vaisseaux aux incitations vasoconstrictrices d'origine centrale. Toutefois, si ces incitations sont suffisamment énergiques (anoxémie des centres, administration de CO_2 au propriétaire de la patte, excitation du bout central d'un nerf vague sectionné au cou), les vaisseaux se contractent malgré l'anoxémie.

La vasodilatation anoxémique persiste généralement autant que l'anoxémie même; après retour de la respiration à l'air libre, la pression artérielle remonte et peut souvent dépasser, pendant quelques minutes, le niveau initial. Cette vasoconstriction secondaire paraît être liée à une décharge adrénalinique. Dans quelques cas, nous avons enregistré un retour de la pression à la normale et même une hypertension au cours même de l'anoxémie. D'après nos expériences, malgré l'anoxémie, les vaisseaux de la patte demeurent, dans une certaine mesure du moins, sensibles à l'action vasoconstrictrice de l'adrénaline.

Notons aussi que le tonus vasculaire de la patte n'est pas modifié du fait que le donneur respire de l'oxygène pur. L'oxygène ne semble donc pas agir sur les vaisseaux.

Nous avons étudié les effets de l'hypercapnie en faisant respirer au donneur des mélanges contenant de 2 à 20 % de CO_2. Au cours même de cette respiration, la pression dans les vaisseaux de la patte isolée et perfusée ne présente

([2]) L. Binet et M. Burstein, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 393.

aucune modification ou accuse une légère élévation (*fig.* 2); jamais nous n'avons enregistré une baisse tensionnelle. Après retour à l'air libre, on note parfois une faible vasodilatation passagère. Il ne semble donc pas que le CO_2

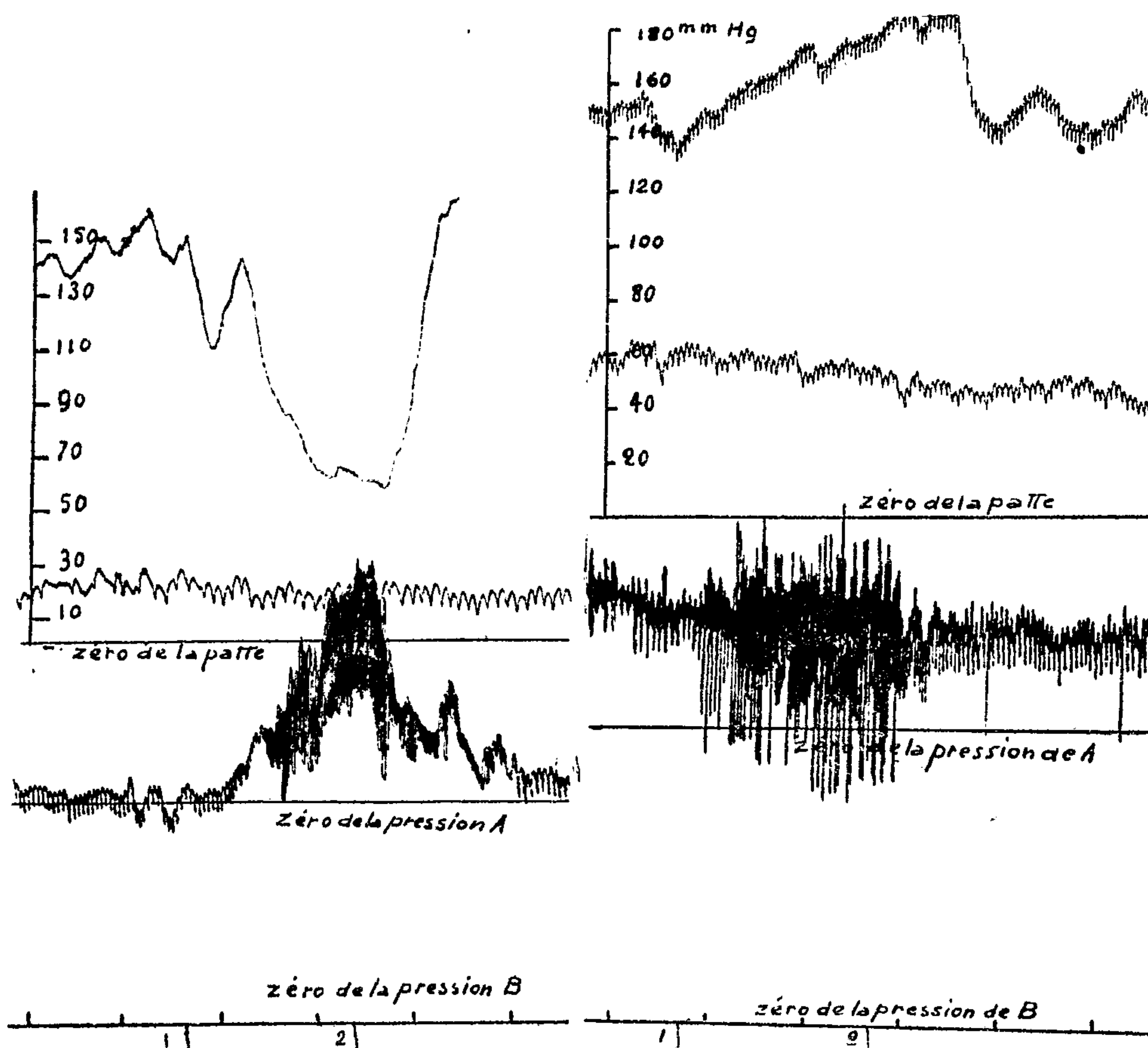


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — La patte postérieure du Chien A (8 kg) est perfusée avec le sang du Chien B (15 kg). Débit 54^{cm^3}/min. De haut en bas : pression dans les vaisseaux de la patte, pression artérielle de A, pression artérielle de B. Temps en minutes. Entre 1 et 2, le Chien B respire de l'azote. La pression dans les vaisseaux de la patte baisse de 150 à 60 mm Hg, puis revient à la normale.

Fig. 2. — La patte postérieure du Chien A (7 kg) est perfusée avec le sang du Chien B (10 kg). Débit 42^{cm^3}/min. De haut en bas : pression dans les vaisseaux de la patte, pression artérielle de A, pression artérielle de B. Temps en minutes. Entre 1 et 2, le Chien B respire du CO_2 à 10 %. Légère vasoconstriction au niveau de la patte, puis retour à la normale.

dilate les vaisseaux de la patte chez le Chien, comme c'est le cas pour l'anoxémie. et ceci dans des conditions où une action stimulante de CO_2 sur les centres vasomoteurs est exclue. En ce qui concerne la patte énervée, le CO_2 détermine également une faible vasoconstriction.

Conclusion. — Nous avons étudié chez le Chien les effets de l'anoxémie et de l'hypercapnie sur le tonus de la patte normalement innervée, et ceci indépendamment de toute action sur les centres vasomoteurs. L'anoxémie dilate les vaisseaux; les effets vasculaires périphériques de CO_2 sont insignifiants.

MICROBIOLOGIE. — *Réaction entre les complexes antagonistes issus des cultures de* Penicillium notatum *et d'*Actinomyces griseus. Note [1] de MM. **Gaston Ramon** et **Rémy Richou**.

Il a été montré, dans des Notes antérieures, que les complexes antagonistes des filtrats de culture de *B. subtilis*, de *Penicillium notatum*, d'*Actinomyces griseus* que l'on fait intervenir *in vitro*, dans les conditions que nous avons indiquées, sur diverses bactéries, sur des toxines microbiennes variées, sur certains ultravirus, sont capables de modifier, d'altérer ces éléments et même d'annihiler plus ou moins complètement leur activité grâce aux principes antibiotiques, antidotiques, diastasiques qu'ils sont susceptibles de renfermer [2].

Nous nous sommes proposé de rechercher, en premier lieu, si deux complexes antagonistes issus l'un de la culture du *Penicillium notatum*, l'autre de la culture de l'*Actinomyces griseus* peuvent réagir l'un sur l'autre et quelles sont les conséquences de cette réaction.

Dans ce but, nous avons préparé des mélanges à parties égales de filtrats de culture de *Penicillium notatum* et d'*Actinomyces griseus*. Après avoir exposé ces mélanges, durant des temps variables, soit à la chambre froide (+2°, +4°), soit à la température du laboratoire (15°), soit à celle de l'étuve (37°), nous avons déterminé leur pouvoir antibiotique à l'égard du staphylocoque et du bacille diphtérique, selon notre technique habituelle qui consiste à rechercher quelle est la plus petite quantité de filtrat ou de mélange de filtrats qui, ajoutée à 4^{cm^3} de milieu de culture approprié, empêche la végétation du germe d'épreuve.

Nous avons résumé succinctement, en un tableau, les conditions et les résultats de l'une de nos expériences.

Quantités de filtrat ou de mélange ajoutées à 4^{cm^3} de bouillon.
Végétation après 24 heures.

	1.	1/2.	1/4.	1/5.	1/10.	1/20.	1/50.	1/100.	1/200.	1/400.	1/1000.	0.
A. *Épreuve vis-à-vis de staphylocoque.*												
Filtrat de Penicillium.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+
» d'Actinomyces.	—	+?	+	+	+	+	+	+	+	—	+	+
Mélange $\widehat{aa}$ (48 heures, frigo).	—?	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+	+
Mélange $\widehat{aa}$ (48 heures, temp. ord.).	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Mélange $\widehat{aa}$ (24 heures, étuve).	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

(1) Séance du 28 mai 1947.

(2) Voir pour les renseignements bibliographiques notre récente Communication : *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1407.

B. *Épreuve vis-à-vis du bacille diphtérique.*

	Végétation après 48 heures.											
Filtrat de Penicillium.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—
» d'Actinomyces.	—	—	—	—	—	+	—	+	+	+	—	—
Mélange âu (48 heures, temp. ord.).	—	—	—	—	—	—	+	—	+	+	+	+

De cette expérience et d'autres semblables, il ressort que le pouvoir antibiotique du filtrat de Penicillium à l'égard du staphylocoque et du bacille diphtérique est très altéré, sinon entièrement détruit par le filtrat d'Actinomyces que nous avons utilisé, cela vraisemblablement grâce à une action diastasique due à une sorte de pénicillinase élaborée par l'*Actinomyces griseus*, au cours de sa végétation dans le milieu de culture ([3]). Par contre, l'activité antibiotique du filtrat d'*Actinomyces* ([4]) ne paraît guère atteinte par le complexe antagoniste retiré de la culture du Penicillium notatum.

HISTOCHIMIE. — *Marche de l'attaque des particules d'aluminium par les phagocytes pulmonaires. Rapports avec la structure moléculaire du métal.* Note ([1]) de MM. **Albert Policard** et **Émile Pruvot.**

Pour des problèmes de pathologie industrielle, nous avons été amenés à étudier les conditions d'attaque, par les cellules phagocytaires du poumon, de particules d'aluminium métallique inhalées pendant la respiration.

Les particules considérées ici sont du type constituant les poudres utilisées dans la fabrication des peintures et revêtements métallisés et obtenues par laminage et écrasement dans un tube Mill; elles sont lamellaires, en paillettes plus ou moins irrégulières de 5 à 6$^{\mu}$ d'épaisseur et de 5 à 10$^{\mu}$ de diamètre. Pour des raisons techniques de fabrication, elles sont revêtues d'un film, probablement monomoléculaire, d'acide stéarique (la poudre renferme 2 à 3 % de cet acide).

([3]) Signalons ici qu'ayant utilisé, dans certaines expériences, un filtrat d'*Actinomyces* issu d'une culture qui, avant la filtration, avait été additionnée de chloroforme, nous avons constaté que la présence du chloroforme semblait inhiber dans une grande mesure l'action destructive de ce filtrat à l'égard de la pénicilline contenue dans le filtrat de *Penicillium notatum*. Nous poursuivons l'étude de ce phénomène.

([4]) Pourtant, le filtrat d'*Actinomyces griseus* dont nous nous sommes servis, titrait seulement 16 unités (épreuve effectuée avec *Escherichia* Coli) et avait un pouvoir antibiotique très faible à l'égard du staphylocoque d'épreuve (n° 72 de P. Nélis) et, par contre, relativement fort vis-à-vis du bacille diphtérique employé (B. diphtérique Am. n° 8 de Park et Williams).

([1]) Séance du 28 mai 1947.

Par des empoussiérages intensifs, on fait absorber une quantité notable de ces poussières par des animaux de laboratoire (Rat, Cobaye). On étudie leur sort dans le tissu pulmonaire. Suivant le mode habituel, une partie de ces poussières pénètre dans les alvéoles et sont phagocytées par les cellules alvéolaires. Dans le protoplasma de ces cellules, les particules métalliques subissent une attaque progressive qui conduit à leur dissolution en un temps plus ou moins long, de l'ordre de 8 à 20 et 30 semaines. Cette attaque se fait suivant un mode particulier que nous avons essayé de préciser.

Deux points sont à envisager : la marche de l'attaque et son mécanisme.

Marche de l'attaque. — L'attaque des paillettes métalliques microscopiques ne se fait jamais d'une façon régulière homogène. Elle prédomine au niveau de certaines lignes de corrosion. D'où ce résultat que la paillette est progressivement disloquée en très petits grains sphériques ou plutôt octaédriques, tous semblables entre eux, ayant un diamètres de $0^{\mu},5$ environ. La paillette subit, du fait de l'attaque protoplasmique, une sorte de dissociation par sa surface et par son intérieur, le long de ces lignes de corrosion dominante. Cette attaque de la paillette conduit à sa dissociation en élements granuleux extrêmement petits et tous semblables.

Cette dissociation paraît se faire sans altération apparente du noyau ni du cytoplasma. En particulier, on n'observe jamais cette transformation par *momification* du protoplasma produite par les particules de silice.

Libérées par la corrosion, les particules sphériques élémentaires paraissent capables d'être éventuellement déplacées dans la cellule par les mouvements protoplasmiques.

Mécanismes intervenant dans l'attaque des paillettes métalliques. — Le mécanisme même de la corrosion par le protoplasma demeure encore indéterminé. Quelles sont exactement les rôles du pH, de l'ionisation des sels, du NaCl, etc.? Il est impossible de le dire. On peut cependant penser que ces processus interviennent simultanément sans s'exclure. Les produits de l'attaque, d'autre part, n'apparaissant pas morphologiquement, on peut penser qu'ils sont dissous et enlevés au fur et à mesure sans amener aucune modification sensible du protoplasma.

Par contre, la marche même de la corrosion permet d'intéressantes considérations. Une partie des lignes de corrosion est certainement en rapport avec les craquelures des paillettes liées au laminage et à l'écrouissage utilisés dans leur fabrication. Dans une paillette un peu grande, on peut, en particulier, noter un certain parallélisme entre les lignes de corrosion, parallélisme assez grossier, qui justifie cette explication.

Mais dans la marche de la corrosion peut aussi intervenir un second mécanisme en rapport avec les caractères de cristallisation de l'aluminium métallique.

On sait que, dans l'aluminium, les impuretés métalliques : fer, silicium, titane, manganèse, vanadium, etc., sont localisées aux joints des cristaux. La

taille de ces cristaux varie suivant le degré de pureté du métal. Avec de l'aluminium extrêmement pur, les monocristaux peuvent atteindre le centimètre. L'aluminium des poussières lamelleuses utilisées ici était à 99,5 % environ. Les monocristaux peuvent atteindre une fraction de millimètre. Les particules métalliques, plus ou moins sphériques, libérées par la dissociation, semblent devoir être considérées comme des monocristaux individuels d'aluminium, de forme octaédrique on le sait.

La dissociation en ces cristaux individuels paraît pouvoir être rapportée précisément à la localisation des impuretés au niveau de leur zone de contact; elles donnent avec l'aluminium des couples électrochimiques qui favorisent la désagrégation fissurante, processus bien connu.

Le singulier est que cette désagrégation électrolytique vraisemblable ne paraît pas altérer le protoplasma.

Une fois libérés, les monocristaux continuent à être attaqués, mais cette fois par leur périphérie exclusivement. En attendant un temps suffisamment long, on constate leur diminution régulière de diamètre jusqu'à ce qu'ils atteignent la limite extrême de visibilité microscopique.

Les faits ci-dessus, en dehors de leur intérêt en ce qui concerne l'aluminium même, constituent un exemple de ce fait général, que la marche des attaques phagocytaires par la matière vivante est fonction de la structure moléculaire et cristalline des corps attaqués, exactement comme dans les attaques *in vitro*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection de deux Associés étrangers.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Godfrey Harold Hardy** est proclamé élu en remplacement de M. *Thomas Hunt Morgan*, décédé, et M. **Albert Francis Blakeslee** est proclamé élu en remplacement de M. *Simon Flexner*, décédé.

Leurs élections seront soumises à l'approbation de M. le Président de la République.

Par l'unanimité des suffrages, M. **Pierre Teilhard de Chardin** est élu Correspondant pour la Section de Minéralogie en remplacement de M. *Vladimir Vernadsky*, décédé.

CORRESPONDANCE.

L'**Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liége** annonce les manifestations qu'elle organise en août et septembre 1947 pour commémorer le centième anniversaire de sa fondation et en adresse le programme.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la substitution d'une valeur exceptionnelle par une propriété lacunaire.* Note de M. **Ferran Sunyer i Balaguer**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit $F(z)$ une fonction entière d'ordre entier ρ_0 et d'ordre précisé $\rho(r)$. On sait que, quelles que soient les fonctions entières $f_0(z)$ (non identiquement nulle) et $f_1(z)$ d'ordre précisé inférieur à $\rho(r)$, on a, avec les notations de Nevanlinna,

$$\overline{\lim_{r=\infty}}\, n[r, (f_0F - f_1)^{-1}]\gamma^{-\rho(r)} > 0,$$

sauf pour un couple exceptionnel au plus.

Dans cette Note, nous nous proposons de donner quelques résultats qui montrent, qu'avec des conditions lacunaires sur la série de Taylor qui représente $F(z)$, on peut assurer la non-existence du couple exceptionnel.

Commençons par la précision suivante d'un résultat ancien de Wiman ([1]).

Lemme. — *Soit $f(z)$ une fonction entière d'ordre ρ_0 et d'ordre précisé $\rho(r)$. Lorsque l'on a*

$$\overline{\lim_{r=\infty}}\, n(r, f^{-1})r^{-\rho(r)} < BC(\rho_0) \qquad (B < 1),$$

où $C(\rho_0)$ est une quantité qui dépend seulement de ρ_0, alors, pour toute suite $R_n(\lim R_n = \infty)$ telle que

$$\lim_{n=\infty} \log \mathfrak{M}(R_n, f^{-1})R_n^{-\rho(R_n)} = 1,$$

on a, pour $R_n\Omega^{-1} < r < \Omega R_n$ et $z = re^{ix}$,

$$\log|f(z)| < \left[\left(\frac{r}{R_n}\right)^{\rho_0}\psi_1(R_n)\cos\rho_0\big(x - x(R_n)\big) + B\Omega^{\rho_0+1}\big(1 + \varepsilon(R_n)\big)\right]R_n^{\rho(R_n)},$$

avec
$$\big(1 - \varepsilon(R_n)\big)(1 - B) < \psi_1(R_n) < \big(1 + \varepsilon(R_n)\big)\beta(B),$$

où $\lim_{B=0}\beta(B) = 1$, *et où* $\lim_{B=\infty}\varepsilon(R) = 0$ *($\varepsilon(R)$ peut différer d'une formule à l'autre).*

En désignant par l_k des entiers tels que $0 = l_0 < l_1 < \ldots < l_k < \ldots$ et en appliquant une précision d'un résultat de Pólya ([2]), on peut démontrer le théorème suivant :

Théorème I. — *Soit*

$$F(z) = \sum_{k=0}^{\infty} a_k z^{l_k} \tag{1}$$

une fonction entière d'ordre entier ρ_0 et d'ordre précisé $\rho(r)$, et soit $D(1)$ la densité maximum de la suite des l_k. Si $D(1)\rho_0 < 1$, alors, quelles que soient les fonctions

---

([1]) *Arkiv for Mathematik*, **1**, 1904, p. 327.

([2]) *Mathematische Zeitschrift*, **29**, 1928, p. 549.

$f_0(z)(\not\equiv 0)$ et $f_1(z)$ entières et d'ordre précisé inférieur à $\rho(r)$, on a

$$\overline{\lim_{r=\infty}}\, n[r(f_0 F - f_1)^{-1}]\, r^{-\rho(r)} \leqq B_1 C(\rho_0),$$

où B_1 dépend uniquement de $\rho_0 D(1)$.

Soit $A(\rho_0)$ la plus grande quantité inférieure a ρ_0 et qui, pour toute valeur de α qui vérifie $(\pi/2) < \rho_0 \alpha < \pi A(\rho_0)$, satisfasse à l'inégalité

$$\log[\cos(\rho_0 \alpha + \pi)] + 3A(\rho_0) \log \frac{\rho_0 e^3}{A(\rho_0)} - \sqrt{\pi^2 (A(\rho_0))^2 - \rho_0^2 \alpha^2} \leqq 0;$$

avec cette définition et en utilisant, au lieu de la précision du résultat de Polya, un résultat de Mandelbrojt [3], on peut démontrer le théorème suivant :

THÉORÈME II. — *Soit la fonction $F(z)$, représentée par (1), une fonction entière d'ordre entier ρ_0 et d'ordre précisé $\rho(r)$. Si*

$$\overline{\lim_{k=\infty}}\, k l_k^{-1} = D(0) < A(\rho_0)\rho_0^{-1},$$

alors, quelles que soient les fonctions $f_0(z)(\not\equiv 0)$ et $f_1(z)$ entières et d'ordre précisé inférieur à $\rho(r)$, on a

$$\overline{\lim_{r=\infty}}\, n[r, (f_0 F - f_1)^{-1}]\, r^{-\rho(r)} \leqq B_2 C(\rho_0),$$

où B_2 dépend uniquement de $D(0)$ et de ρ_0.

Lorsque la fonction $F(z)$ est en plus à une croissance très régulière par rapport à l'ordre $\rho(r)$, on peut remplacer la limite supérieure de l'expression $n[r(f_0 F - f_1)^{-1}]\, r^{-\rho(r)}$ par sa limite inférieure; on obtiendra ainsi le résultat suivant :

THÉORÈME III. — *Soit la fonction $F(z)$, représentée par (1), une fonction entière d'ordre entier ρ_0, d'ordre précisé $\rho(r)$ et telle que*

$$\lim_{r=\infty} \log M(r, F)\, r^{-\rho(r)} = b > 0.$$

Si l'une au moins des deux conditions : 1° $D(1)\rho_0 < 1$, 2° $\overline{\lim}\, K l_K^{-1} = D(0) < A(\rho_0)\rho_0^{-1}$ est satisfaite, alors, quelles que soient les deux fonctions entières $f_0(z)(\not\equiv 0)$ et $f_1(z)$ d'ordre précisé inférieur à $\rho(r)$, on a

$$\lim_{r=\infty} n[r(f_0 F - f_1)^{-1}]\, r^{-\rho(r)} \geqq [B_3 G(\rho_0)]^{-\sigma\rho_0},$$

où $B_3 = bB_1$ quand c'est la condition 1° qui est satisfaite et $B_3 = bB_2$ quand c'est la condition 2° qui est satisfaite

Le théorème II et le théorème III dans le cas de la condition 1° ne peuvent pas, à un certain point de vue, être améliorés, car la fonction $e^{z^{\rho_0}}$ vérifie $D(1) = 1/\rho_0$ et présente le couple exceptionnel $f_0(z) \equiv 1$, $f_1(z) \equiv 0$.

---

(3) *Séries lacunaires* (*Actualités scientifiques*, Paris, 1936, p. 13).

TOPOLOGIE. — *Sur les espaces fibrés différentiables.*
Note (1) de M. **Charles Ehresmann**, présentée par M. Élie Cartan.

Étant données trois variétés différentiables E, B, F, une structure d'espace fibré différentiable sur E est définie par un atlas différentiable (2) de E sur $B \times F$ tel qu'une carte locale soit définie par un homéomorphisme différentiable d'un ensemble ouvert de E sur un ensemble $U \times F$, U étant un ouvert de B, et que tout changement de coordonnées locales soit un homéomorphisme différentiable d'un ensemble $U \times F$ sur lui-même de la forme $x' = x$, $y' = t(x, y)$, $x \in U$, $y \in F$, $y' \in F$. Si $z \in E$ est représenté dans une carte locale sur $(x, y) \in U \times F$, l'application p telle que $p(z) = x$ définit E comme espace fibré sur l'espace de base B (en supposant que les ensembles U correspondant aux cartes locales données recouvrent B). p est différentiable et chaque fibre F_x est une variété différentiable plongée dans E.

Proposition 1. — *Si* E *est compact, toute application différentiable p, en tout point de rang n, de* E *sur une variété* B *de dimension n détermine sur* E *une structure d'espace fibré différentiable* (3).

Un champ Φ d'éléments de contact de dimension n (= dimension de B), défini sur l'espace fibré différentiable E, sera dit sécant si les fibres F_x forment des sections (4) de Φ. On voit facilement qu'il existe toujours des champs sécants, mais seulement exceptionnellement des champs sécants complètement intégrables.

Proposition 2. — *Soit Φ un champ sécant complètement intégrable de l'espace fibré différentiable* E, *à fibre compacte* F. *La projection p de* E *sur* B *définit chacune des variétés intégrales complètes de Φ comme revêtement de* B. *Soit* (B', f, x') *le plus petit revêtement pointé* (5) *de* (B, x) *qui recouvre tous les revêtements précédents, supposés pointés au-dessus de* $x \in B$. *Soit p' la projection canonique de* $B' \times F$ *sur* B'. *Il existe une application f' de* $B' \times F$ *sur* E, *telle que* $f \circ p' = p \circ f'$, *qui définit* $B' \times F$ *comme revêtement de* E *et qui applique chaque ensemble* $B' \times \{y\}$, *où* $y \in F$, *sur une variété intégrale complète de Φ.*

En particulier, si B est compact, son groupe de Poincaré étant fini, toutes les variétés intégrales complètes sont compactes. Si B est simplement connexe,

---

(1) Séance du 2 juin 1947.

(2) D'une façon précise, par l'atlas maximal contenant l'atlas donné et satisfaisant aux conditions imposées. Voir *Comptes rendus*, **216**, 1943, pp. 628-630.

(3) M. Reeb, à qui j'ai signalé ce résultat, l'a appliqué dans *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 847-849, th. I.

(4) Voir *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 444-445.

(5) Pour la terminologie, voir C. Ehresmann, *Sur les applications continues*, etc., (*Bull. Soc. Math. de France*, **72**, 1944, p. 38).

E est isomorphe à $B \times F$. La proposition 2 s'étend aux variétés feuilletées étudiées par M. Reeb ([6]).

Corollaire. — *Avec les hypothèses de la proposition 2, les groupes d'homotopie de* E *sont isomorphes à ceux de* $B \times F$.

Remarque 1. — Plus généralement, un espace fibré E possède cette dernière propriété lorsque l'espace de base B admet un revêtement (B', f) tel que f soit la projection $p \circ f'$ d'une application continue f' de B' dans E. Un espace fibré E admet un revêtement isomorphe à $B' \times F$ lorsque B admet un revêtement B' contractile en un point. Dans ce cas on obtient une méthode de construction de tous les espaces fibrés sur l'espace de base B.

Remarque 2. — On voit facilement que les hypothèses de la proposition 2 plus l'hypothèse que E et p sont trois fois différentiables et Φ deux fois différentiable forment les conditions d'existence sur E d'un ds^2 tel qu'on ait le résultat que communique Lichnérowicz ([7]) : $b_i(B) \leq b_i(E)$, quel que soit i, en désignant ainsi les nombres de Betti de B et E pour la dimension i. Cette inégalité se démontre d'une façon élémentaire dans le cas suivant : E est un espace fibré compact sur un complexe B et le squelette K_r de dimension r de B admet un revêtement compact dans E; c'est-à-dire qu'il existe un espace compact K'_r et une application f' de K'_r dans E dont la projection $f = p \circ f'$ définit K'_r comme revêtement de K_r. f induit un homomorphisme f^* du groupe de cohomologie $H_i(B)$ *dans* celui de K'_r, pour $i \leq r$. Si le groupe des coefficients est le groupe additif des rationnels, f^* est isomorphisme. En effet, soit $W_i \in H_i(B)$ et Γ^i un cycle tel que $(W_i, \Gamma^i) \neq 0$. Il existe dans K'_r un cycle Γ'^i tel que $f(\Gamma'^i) = k\Gamma^i$. Donc $(f^*(W_i), \Gamma'^i) = (W_i, k\Gamma^i) \neq 0$, c'est-à-dire $f^*(W_i) \neq 0$. Comme $f^* = f'^* \circ p^*$, il en résulte que p^* est aussi un isomorphisme pour $i \leq r$. En particulier la condition est toujours vérifiée pour $r = 1$. Par exemple, la condition est vérifiée pour $r = n$ lorsque B est une variété différentiable admettant un revêtement compact parallélisable, E étant un espace fibré *associé* ([2]) à B. Il en est ainsi pour un espace compact localement euclidien, qui, d'après un théorème de Bieberbach, admet le tore comme revêtement.

Proposition 3. — *Soit* Φ *un champ sécant quelconque de l'espace fibré différentiable* E, *à fibre compacte* F. *A chaque chemin différentiable reliant* x *à* x' *dans* B *correspond un homéomorphisme bien déterminé de* F_x *sur* $F_{x'}$. *A l'ensemble des chemins fermés d'origine* x *correspond un groupe d'automorphismes de* F_x, *qu'on peut prendre pour groupe de structure de* E. *Si* Φ *est complètement intégrable, on a une représentation du groupe de Poincaré de* B *en* x *sur le groupe d'automorphismes* G *de* F_x.

On peut dire que Φ définit une structure *d'espace fibré à connexion infinitésimale*. On rattache facilement à cette notion les espaces généralisés de M. E. Cartan ([8]).

([6]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1613.

([7]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 1413-1414.

([8]) J'ai développé cette conception des espaces de Cartan à la fin d'une conférence faite à Zurich en octobre 1947.

TOPOLOGIE. — *Variétés feuilletées, feuilles voisines.*
Note ([1]) de M. **Georges Reeb**, présentée par M. Élie Cartan.

Cette Note a pour objet de généraliser certaines propriétés énoncées dans des cas plus particuliers dans une Note antérieure ([2]). A cet effet nous introduisons la notion de variété feuilletée : soit une variété V_n et un atlas A de V_n, formé par une famille de cartes (f_i, Ω_i) (où Ω_i est un ouvert de V_n et f_i un homéomorphisme de Ω_i dans R^n). Si $\Omega_i \cap \Omega_j \neq \emptyset$ le changement de coordonnées locales $h_{ij} = f_j f_i^{-1}$ s'exprime par n relations : $y^r = h_{ij}^r(x^1, \ldots, x^n)$ $(r = 1, \ldots, n)$. Nous dirons que l'atlas A jouit de la propriété F si les fonctions h_{ij}^r pour $r = 1, \ldots, n-p$ ne dépendent au voisinage d'un point que des variables $x^1, \ldots, x^{n-p}$. L'atlas A peut être complété en un atlas complet A^* jouissant de la propriété F. Cet atlas A^* définit dans V_n une structure ([3]) de variété feuilletée pour la dimension p.

Exemple : Un champ E_q continûment différentiable et complètement intégrable, d'éléments de contact à q dimensions sur V_n, permet de munir V_n d'une structure d'espace feuilleté [les f_i étant les homéomorphismes continûment différentiables, transformant le champ E_q en le champ défini par les équations $dx^r = 0 (r = 1, \ldots, n-q)$].

Appelons *élément* l'image réciproque par f_i d'une composante connexe de la trace sur $f_i(\Omega_i)$ d'une variété plane $x^r = \text{const.}$ $(r = 1, \ldots, n-q)$.

Soit T une topologie dans V_n définie ainsi : une base de filtres de voisinage d'un point $x \in V_n$ est constituée par l'ensemble des éléments contenant x. Un domaine relativement à T est une variété; nous appellerons feuille une composante connexe relativement à T. Comme dans la Note ([2]) nous définissons les feuilles régulières, localement partout denses, etc.

Dans ces conditions :

Théorème 1. — *Si V_n est compacte et si toutes les feuilles sont régulières ou localement partout denses, chaque feuille régulière contient une feuille compacte dans son adhérence.*

Théorème 2. — *Si V_q est une feuille compacte à groupe de Poincaré $\Pi(V_q)$ fini, toutes les feuilles rencontrant un certain voisinage de V_q sont compactes et ont un groupe de Poincaré fini, isomorphe à un sous-groupe de $\Pi(V_q)$.*

Théorème 3. — *Si en plus des hypothèses du théorème 2, V_n est compacte et $q = n - 1$, toutes les feuilles sont compactes.*

([1]) Séance du 2 juin 1947.

([2]) Ch. Ehresmann et G. Reeb, *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 955-957.

([3]) Suivant la définition générale des structures de variétés donnée par M. Ch. Ehresmann depuis plusieurs années dans son cours. (Les changements de coordonnées h_{ij} admissibles formant uu pseudo-groupe d'homéomorphismes locaux dans R^n.) Voir cas particulier des variétés différentiables : Ch. Ehresmann, *Comptes rendus*, 216, 1943, pp. 628-630.

Complément au théorème 2. — *Si de plus les f_i sont deux fois continûment différentiables, les feuilles voisines de V_q sont homéomorphes à des revêtements de V_q.*

Le théorème 1 résulte des lemmes suivants :

a. L'ensemble $E(V_q)$ des points adhérents à une feuille V_q et non contenus dans V_q, contient avec chacun de ses points la feuille contenant ce point.

b. Soit (avec les hypothèses de 1) V_q une feuille régulière, alors $E(V_q)$ est compact et ne contient que des feuilles régulières. Les compacts de V_n qui, avec chacun de leurs points contiennent la feuille régulière contenant ce point, ordonnés par la relation d'inclusion, forment un ensemble inductif dont un élément minimal est une feuille compacte en vertu de *a* et *b*.

La définition et les propriétés du complexe K_1 associé à une fonction numérique différentiable f que nous avons énoncés dans la Note (4), sont valables dans le cas plus général où f est continue, a des singularités isolées, et définit dans V_n (privée des points singuliers de f) une structure d'espace feuilleté.

Rappelons que le groupe $\pi(K_1)$ de K_1 est isomorphe à un groupe quotient du groupe de Poincaré $\pi(V_n)$ de V_n.

De plus, $\pi(K_1)$ est un groupe libre. Il en résulte :

Si tout sous-groupe invariant de $\pi(V_n)$ contient le sous-groupe des commutateurs [il en est ainsi notamment si $\pi(V_n)$ est abélien], le groupe $\pi(K_1)$ est réduit à l'identité ou au groupe libre à un générateur.

GÉOMÉTRIE. — *Nouvelles sphères associées au tétraèdre.*

Note (1) de M. **Victor Thébault**, présentée par M. Élie Cartan.

Soient un tétraèdre $T \equiv ABCD$, inscrit dans une sphère (O, R), dont les arêtes $BC = a$, $DA = a'$, $CA = b$, $DB = b'$, $AB = c$, $DC = c'$; G et G_i ($i = a, b, c, d$) les centres de gravité de T et des faces BCD, CDA, DAB, ABC; G'_i les milieux des médianes AG_a, BG_b, CG_c, DG_d; Ω le point de Monge.

1. Théorème. — *Dans un tétraèdre* T, *les sphères décrites sur les médianes comme diamètres, les sphères tracées sur les cercles de Monge des ellipses de Steiner inscrites aux triangles des faces comme grands cercles et les sphères de Longchamps* (2) *des tétraèdres complémentaires des tétraèdres* ΩBCD, ΩCDA, ΩDAB, ΩABC *sont douze sphères orthogonales à la sphère* (Ω, σ) *de Longchamps du tétraèdre complémentaire* $t \equiv G_a G_b G_c G_d$. Cela résulte des formules.

$$(1)\quad \left\{ \begin{aligned} &\overline{\Omega O}^2 = \frac{4R^2 - \Sigma(a^2 + a'^2)}{4}; \qquad \overline{AG_a}^2 = \frac{(a'^2 + b^2 + c^2)}{3} - \frac{(a^2 + b'^2 + c'^2)}{9}, \qquad \ldots; \\ &\rho_a^2 = \frac{(a^2 + b'^2 + c'^2)}{18}, \qquad \ldots; \qquad \sigma^2 = \frac{\left(\overline{\Omega O}^2 - R^2\right)}{3} = \frac{R^2 - \Sigma(a^2 + a'^2)}{12}, \end{aligned} \right.$$

(4) G. Reeb, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 847.

(1) Séance du 28 mai 1947.

(2) V. Thébault, *Mathesis*, 1932, pp. 223-229; *l'Enseignement Mathématique* (Genève), 1937, pp. 81-99.

qui expriment le carré de la distance du centre de la sphère (O) au point de Monge, les carré des médianes, les carrés des rayons des cercles de Monge des ellipses de Steiner inscrites aux faces, le carré du rayon de la sphère de Longchamps du tétraèdre t, et des expressions

$$(2)\qquad \begin{cases} \overline{\Omega A}^2 = R^2 + (a'^2 + b^2 + c^2 - a^2 - b'^2 - c'^2)/4, & \ldots; \\ \overline{\Omega G'_a}^2 = R^2 - (a^2 + b'^2 + c'^2)/9, & \ldots; \\ \overline{\Omega G_a}^2 = R^2 - [3(a'^2 + b^2 + c^2) + a^2 + b'^2 + c'^2]/36, & \ldots, \end{cases}$$

des carrés des distances de Ω aux sommets des tétraèdres T, $t' \equiv G'_a G'_b G'_c G'_d$, t.
En effet, on a

$$\overline{\Omega G'_a}^2 - \overline{AG_a}^2/4 = \overline{\Omega G_a}^2 - \rho_a^2 = \overline{\Omega\Omega_a}^2 - \frac{1}{3}\left(\overline{\Omega O}^2 - R^2\right) = R^2 - \Sigma(a^2 + a'^2)/12,$$

Ω_a et R_a désignant le point de Monge et le rayon de la sphère circonscrite au tétraèdre ABCD.

2. Théorème. — *Dans un tétraèdre* T, *les circonférences égales aux circonférences de Monge des ellipses de Steiner inscrites aux faces du tétraèdre anticomplémentaire* T_1, *centrées aux sommets* A, B, C, D *et tracées dans les plans des faces correspondantes du tétraèdre antipodaire* T′ *du point de Monge sont sur une sphère* (Ω, σ') *qui appartient au faisceau formé par les sphères circonscrites aux tétraèdres* T et t.

Car, on a

$$\sigma'^2 = \overline{\Omega A}^2 + 9\rho_a^2 = R^2 + \Sigma(a^2 + a'^2)/4,$$

et la distance de G au plan radical des sphères (O) et (Ω, σ') est

$$\overline{GX} = \Sigma(a^2 + a'^2)/16\,\overline{OG}.$$

Corollaire. — *Dans un tétraèdre orthocentrique* T, *d'orthocentre* $H \equiv \Omega$, *les circonférences de Monge des ellipses de Steiner inscrites aux triangles des faces sont sur une même sphère.*

Cette sphère est la transformée de la sphère (H, σ') par l'homothétie $(G, -1/3)$.

3. Nous avons appelé *sphère orthocentroïdale* de T la sphère (ω) décrite sur $G\Omega$ comme diamètre [3], par analogie avec le cercle orthocentroïdal d'un triangle (Tücker).

Théorème. — *Dans un tétraèdre* T, *le point de Monge coïncide avec le centre radical des sphères orthocentroïdales des tétraèdres* ΩBCD, ΩCDA, ΩDAB, ΩABC.

D'après les relations (1), (2), appliquées au tétraèdre ΩBCD, le double de la

---

[3] *Mathesis*, 55, 1945-1946, p. 264.

somme des carrés des arêtes aboutissant au sommet Ω, diminué de la somme des carrés des arêtes de la face opposée est égal à huit fois la puissance $(P_{\Omega a})$ de ce sommet pour la sphère orthocentroïdale (ω_a) de ΩACD. Donc

$$(P_{\Omega a}) = \left[2\left(\overline{\Omega B}^2 + \overline{\Omega C}^2 + \overline{\Omega D}^2\right) - \overline{BC}^2 - \overline{CD}^2 - \overline{DB}^2\right]/8$$
$$= 6R^2 - \Sigma(a^2 + a'^2)/2 = \left(\overline{\Omega O}^2 - R^2\right)/4.$$

Le diamètre de la sphère (Ω) orthogonale aux quatre sphères en cause égale le rayon de la sphère de Monge de la sphère de Longchamps du tétraèdre t.

Tétraèdre orthocentrique. — Théorème. — *Dans un pentagone orthocentrique* ABCDH, *l'orthocentre d'un des tétraèdres* $T \equiv ABCD$, $T_a \equiv HBCD$, $T_b \equiv HCDA$, $T_c \equiv HDAB$, $H_d \equiv HABC$ *coïncide avec le centre radical des sphères orthocentroïdales des quatre autres*, car les points de Monge des cinq tétraèdres sont H, A, B, C, D.

Corollaire. — *Dans un tétraèdre orthocentrique* T, *les plans des faces et les arêtes coïncident avec les plans radicaux de la sphère orthocentroïdale associée à celles de* T_a, T_b, T_c, T_d *et avec les axes radicaux de la même sphère associée aux sphères orthocentroïdales de deux des tétraèdres* T_a, T_b, T_c, T_d.

4. A certaines de ces sphères correspondent, dans un quadrangle inscriptible et dans un triangle, des cercles que M. Droussent nous a signalés.

ARITHMÉTIQUE. — *Les courbes de genre* 1 *dans un champ de Galois.* Note de M. **François Châtelet**, présentée par M. Gaston Julia.

Un théorème de F. K. Schmidt (1) permet de montrer que, si une courbe (C) définie dans un champ de Galois R est indécomposable et de genre 1 dans toute extension finie de R, il existe sur (C) des points de R (c'est-à-dire des points à coordonnées dans R). La démonstration de F. K. Schmidt utilise les propriétés transcendantes d'une fonction zéta associée à la courbe (C) dans R. J'ai pu obtenir récemment une démonstration directe, sans recours à l'analyse, de ce théorème; elle généralise et précise une démonstration imparfaite d'un cas très particulier que j'avais esquissée dans une Note antérieure (2).

I. Les méthodes que j'ai exposées dans un mémoire récent (3) permettent de ramener la recherche des points de R situés sur (C) à l'étude d'un système de la forme :

$$(1) \qquad M^{l_i} = M + C_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

(1) *Analytische Zahlentheorie in Körpern der Charakteristik p* (*Math. Zeit.*, **33**, 1931, pp. 1-32); H. Hasse, *Kongruenzzetafunktionen* (*Sitzungsber. der Berliner Akademie*, **17**, 1934, pp. 250-263).

(2) Classification des courbes de genre un dans le corps des restes module (*Comptes rendus*, **208**, 1939, pp. 487-489).

(3) Méthode galoisienne et courbes de genre 1 (*Annales de l'Université de Lyon*, Section A, **9**, 1946, pp. 40-50).

Pour former ce système, on utilise une extension (finie et normale) convenable K de R (de degré n) et une cubique (C_0)

$$y^2 = x^3 + Ax + B \qquad (\text{A et B dans R}).$$

C_i est un point de K sur (C_0) correspondant à l'élément σ_i du groupe de Galois G de K par rapport à R. L'inconnue est un point M de K sur (C_0) et $M^{(i)}$ est son transformé par σ_i. L'addition sur (C_0) est définie par les formules d'addition des fonctions elliptiques de Weierstrass.

Les n points C_i sont liés par des *relations de compatibilité* qui prennent ici une forme simple du fait que l'extension finie K du champ de Galois R est cyclique. Ils se déduisent de C_1 par les formules

$$C_i = C_1 + C_1^{(1)} + \ldots + C_1^{(i-1)}; \qquad \sum_{i=1}^{n} C_1^{(i)} = 0.$$

Moyennant ces relations le système (1) est équivalent à la relation unique

$$M^{(1)} - M = C_1. \tag{2}$$

2. Pour démontrer le théorème de Schmidt, il suffit donc de montrer que le nombre d' des points C_1 sur (C_0), pour lesquels l'équation (2) a des solutions en M, est égal au nombre d des solutions en M de la relation

$$\sum_{i=1}^{n} M^{(i)} = 0.$$

Or, pour obtenir le nombre L des points de K sur (C_0), on peut additionner le nombre de solutions des équations (2) en M pour les différentes valeurs possibles de C_1. On peut aussi additionner le nombre de solutions des équations

$$\sum_{i=1}^{n} M^{(i)} = D_1 \tag{3}$$

pour les différentes valeurs possibles de D_1 [qui sont nécessairement des points de R sur (C_0)]. On obtient ainsi

$$L = l d' = l' d,$$

où l est le nombre des points de R sur (C_0) et où l' est le nombre des points D_1 pour lesquels l'équation (3) a au moins une solution. Par suite, le théorème de Schmidt est encore équivalent à l'égalité $l' = l$.

3. On appelle *groupe de points sur* (C_0) *dans r d'ordre n* (au sens de la géométrie des séries linéaires sur une courbe) un ensemble de n points M_1, M_2, ..., M_n de (C_0) algébriques par rapport à R, tel que tout conjugué par rapport à R d'un des points M_i soit contenu dans l'ensemble. On appelle « série linéaire sur (C_0) dans R d'ordre n » l'ensemble des groupes précédents

qui vérifient la relation

$$M_1 + M_2 + \ldots + M_n = D_1,$$

où D_1 est un point de R sur (C_0) qui détermine la série linéaire considérée. Le théorème de Riemann-Roch ([1]) permet de montrer qu'une telle série contient $(q^n - 1)/(q - 1)$ groupes, si q est le nombre d'éléments du corps R.

Or, cette série contient en particulier les groupes de la forme M_l [M solution de l'équation (3)]. De plus, les autres groupes sont formés par la réunion de plusieurs groupes sur (C_0) dans R d'ordres inférieurs à n.

Par un procédé de récurrence, on peut alors montrer que le nombre de solutions de l'équation (3) est fonction de l, de n et des entiers positifs inférieurs à n, mais est indépendant du choix du point D_1 sur (C_0) dans R. Or la relation (3) correspondant à D_1 nul a au moins une solution : l'élément nul sur (C_0); donc la relation (3) a au moins une solution pour chaque point D_1 de R sur (C_0). C'est-à-dire que l' est égal à l.

Les calculs précédents permettent de plus d'obtenir le nombre des solutions de l'équation (3), c'est-à-dire d. D'après la relation

$$L = l'd = ld.$$

on peut encore calculer le nombre L des points de K sur (C_0) en fonction du nombre l des points de R sur (C_0), du degré n de K par rapport à R et des entiers positifs inférieurs à n, quelle que soit (C_0).

BALISTIQUE EXTÉRIEURE. — *Sur l'intégration par quadratures des équations du mouvement d'un projectile dans un milieu de densité variable.* Note ([1]) de M. **Eugène Leimanis**, présentée par M. Jean Chazy.

Le problème balistique principal fait intervenir, en un point de la trajectoire, rapportée à deux axes rectangulaires, Ox horizontal et Oy vertical, deux forces, la *gravité* g et l'*accélération de la résistance de l'air*, que nous prenons sous la forme $\mathfrak{A} = c\delta(y)v^2K(v) = c\delta(y)f(v)$, et une direction, l'inclinaison τ de la tangente à la trajectoire. La considération de ces trois éléments suffit pour établir les équations différentielles du mouvement. Si au lieu de τ et v on prend pour variables z et u, en posant $\sin\tau = \operatorname{tgh} z$, $v = e^u$, les équations du mouve-

([1]) On trouvera un exposé classique (cas où le corps de base R est le corps des nombres réels et complexes) de ce théorème dans le Traité de F. Enriques et O. Chisini, *Courbes et fonctions algébriques d'une variable*, traduction M. Legaut (Paris, 1926), pp. 167 et 168. On trouvera l'extension de ce théorème au cas d'un corps de base quelconque dans l'exposé de C. Pisot au *Séminaire de mathématiques dirigé par M. G. Julia* (1937-1938, exposé E).

([1]) Séance du 2 juin 1947.

ment peuvent s'écrire

$$(1)\qquad \frac{du}{dz} = \operatorname{tgh} z + \frac{c}{g}\,\delta(y)\,f(e^u), \qquad \frac{dy}{dz} = -\frac{e^{2u}}{g}\operatorname{tgh} z;$$

$$(2)\qquad \frac{dx}{dz} = -\frac{e^{2u}}{g}\,\frac{1}{\cosh z}, \qquad \frac{dt}{dz} = -\frac{e^u}{g}.$$

Le nombre c est le *coefficient balistique* du projectile, $\delta(y)$ le poids du mètre cube d'air à la hauteur y, v la vitesse du centre de gravité du projectile, $K(v)$ et $f(v)$ certaines fonctions de v.

Après que le système (1) est résolu, on obtient x et t par de simples quadratures. Soit

$$T = Z(z, u, y)\frac{\partial}{\partial z} + U(z, u, y)\frac{\partial}{\partial u} + Y(z, u, y)\frac{\partial}{\partial y},$$

le symbole d'une transformation infinitésimale, qui transforme le système (1) en lui-même. Pour que T soit indépendante du coefficient balistique c du projectile, il faut que c n'intervienne pas dans les fonctions Z, U et Y. Cela supposé, un calcul facile conduit au système suivant d'équations par rapport à $\delta(y)$ et $f(e^u)$:

$$(3)\qquad \left\{\begin{aligned}
&\Big\{ g\Big[a_1\Big(\frac{1}{g}-2\Big) + 2e^{-2u}(a_1 y + a_2)\Big]\delta(y) - (a_1 y + a_2)\delta'(y)\Big\} f(e^u) \\
&\qquad + g\Big[a_1\Big(1-\frac{1}{g}\Big) + e^{-2u}(a_1 y + a_2)\Big]\delta(y) f'(e^u)\, e^u = 0, \\
&\Big\{ g\Big[\frac{b_1}{g^2}e^{2u} + 2e^{-2u}(a_1 y + a_2)\Big]\delta(y) - (b_1 y^2 + b_2 y + b_3)\delta'(y)\Big\} f(e^u) \\
&\qquad + g\Big[\frac{a_1}{g} - \frac{b_1}{4g^2}e^{2u} + e^{-2u}(a_1 y + a_2) - \frac{1}{2g}(2b_1 y + b_2)\Big]\delta(y) f'(e^u)\, e^u = 0, \\
&\Big[c_2 - \frac{b_1}{g}y - \frac{2b_1}{g^2}e^{2u}\Big] f(e^u) - \Big[c_2 - \frac{b_1}{g}y - \frac{b_1}{2g^2}e^{2u}\Big] f'(e^u)\, e^u = 0,
\end{aligned}\right.$$

et aux expressions suivantes des fonctions Z, U et Y :

$$Z = \frac{1}{2}\operatorname{tgh} z\,(2a_1\cosh^2 z + b_1 y - c_2 g),$$

$$U = -a_1\Big(\frac{1}{2} + 2g\,e^{-2u} y\cosh^2 z\Big) - 2a_2 g\,e^{-2u}\cosh^2 z$$
$$+ b_1\Big[\frac{1}{2}(1 + \operatorname{tgh}^2 z)y + \frac{1}{4g}e^{2u}\operatorname{tgh}^2 z\Big] + \frac{1}{2}b_2 + c_2\frac{g}{2}(1 - \operatorname{tgh}^2 z),$$

$$Y = a_1 y\cosh 2z + a_2\cosh 2z + b_1 y^2 + b_2 y + b_3,$$

les a_i, b_j ($i = 1, 2$; $j = 1, 2, 3$) et c_2 étant des constantes arbitraires.

Le système (3) est satisfait dans les cas simples suivants :

(I) $a_1 = a_2 = b_1 = b_2 = b_3 = 0$, $c_2 \neq 0$: $f(e^u) = e^u$, $\delta(y)$ fonction arbitraire quelconque.

(II) $a_1 = a_2 = b_1 = b_2 = 0$, $b_3 \neq 0$, $c_2 \neq 0$: $f(e^u) = e^u$, $\delta(y) = \delta_0 = \text{const.}$,

(III) $a_1 = a_2 = b_1 = 0$, $|b_2| + |b_3| > 0$, $c_2 \neq 0$: $f(e^u) = e^u$, $\delta(y) = \delta_0(b_2 y + b_3)^{-\frac{1}{2}}$,

(IV) $a_1 = a_2 = b_1 = c_2 = 0$, $|b_2| + |b_3| > 0$: $f(e^u) = e^{nu}$, $\delta(y) = \delta_0(b_2 y + b_3)^{-\frac{n}{2}}$,

(V) $a_1 = b_1 = b_2 = c_2 = 0$, $a_2 = b_3 \neq 0$: $f(e^u) = e^{-2u - \frac{a}{2g}e^{2u}}$, $\delta(y) = \delta_0 e^{-ay}$, $a = \text{const.}$

Cas I. — Dans ce cas les invariants U et V de la transformation T, si l'on prend comme variables $X = gU$, $Y = U + V$, satisfont à l'équation

$$(4) \qquad \frac{dY}{dX} = Y^3 + \varphi(X) Y^2,$$

où $\varphi(X) = (c/g)\delta(y)$. Si cette équation est résolue, on obtient les variables u et y par une quadrature supplémentaire. Les cas les plus simples, dans lesquels l'équation (4) est intégrable par quadratures, sont donnés par Appell ([2]). Ces cas sont

$$1^\circ \quad \varphi = K e^X, \qquad 2^\circ \quad \varphi = \frac{K}{\sqrt{x}}, \qquad 3^\circ \quad \varphi = KX, \qquad 4^\circ \quad \varphi = \frac{K}{X^2} \qquad (K = \text{const.});$$

d'une façon générale X pourra être remplacé par une fonction linéaire de X. Enfin on peut, au moins théoriquement, par un changement de variables ramener l'*équation de l'hodographe* à l'équation (4) et déterminer, en se servant des résultats ([3]) de M. Drach, toutes les formes de la fontion $\varphi(X)$ rendant intégrable par quadratures l'équation (4).

Cas II *et* III. — Dans le cas II l'équation (4) s'intègre par une quadrature, tandis que dans le cas III on est conduit au cas 2° donné par Appell.

Cas IV *et* V. — Dans le cas IV, les invariants U et V de la transformation T correspondante, si l'on pose $V = W(U) \cosh U$, satisfont à l'équation

$$\frac{dW}{dU} = \frac{1}{g}\left(\frac{b_2}{4} W^3 \sinh 2U + c\delta_0 W^{n+1} \cosh^n U\right),$$

qui, pour $n = 2$ (cas de Legendre), s'intègre par séparation des variables. Dans le cas V, les invariants U et V, si l'on prend comme variables $X = U$ et et $Y = U + V$, satisfont à l'équation à variables séparées

$$\frac{dY}{dX} = c\frac{\delta_0}{g^2} e^{-nY}.$$

ÉLECTROACOUSTIQUE. — *Sur une voix artificielle pour les mesures acoustiques.* Note ([1]) de M. **Pierre Chavasse**, présentée par M. Camille Gutton.

Principe. — Le but du dispositif mis au point au Laboratoire d'Acoustique du Centre National d'études des télécommunications est de remplacer la voix naturelle au cours des essais téléphonométriques, ou pour certaines mesures intéressant l'exploitation des circuits (diaphonie et plus généralement acoustique) ou dans des essais d'acoustique générale. Cette voix se compose essentiellement d'une source de courant à spectre continu et uniforme, formée par un tube au néon travaillant dans une zone d'équilibre instable; celui-ci est polarisé par une tension continue, à travers une résistance et une capacité dont le rôle est de favoriser les oscillations de basse fréquence. Cet effet est complété

([2]) *Journ. de Math.*, 4e série, 5, 1889, p. 382.

([3]) *Ann. Éc. Normale Sup.*, 3e série, 37, 1920, p. 1-94.

([1]) Séance du 28 mai 1947.

par un réseau filtrant simple placé dans un étage d'amplification associé au tube. Il est d'ailleurs possible d'agir sur la forme générale du spectre et d'obtenir à volonté, par l'action d'une clef, un timbre général de voix masculine (maximum de tension vers 550 p : s) ou de voix féminine (maximum vers 1100 p : s). On passe de l'une à l'autre par les commutateurs M-F de la figure 1 qui

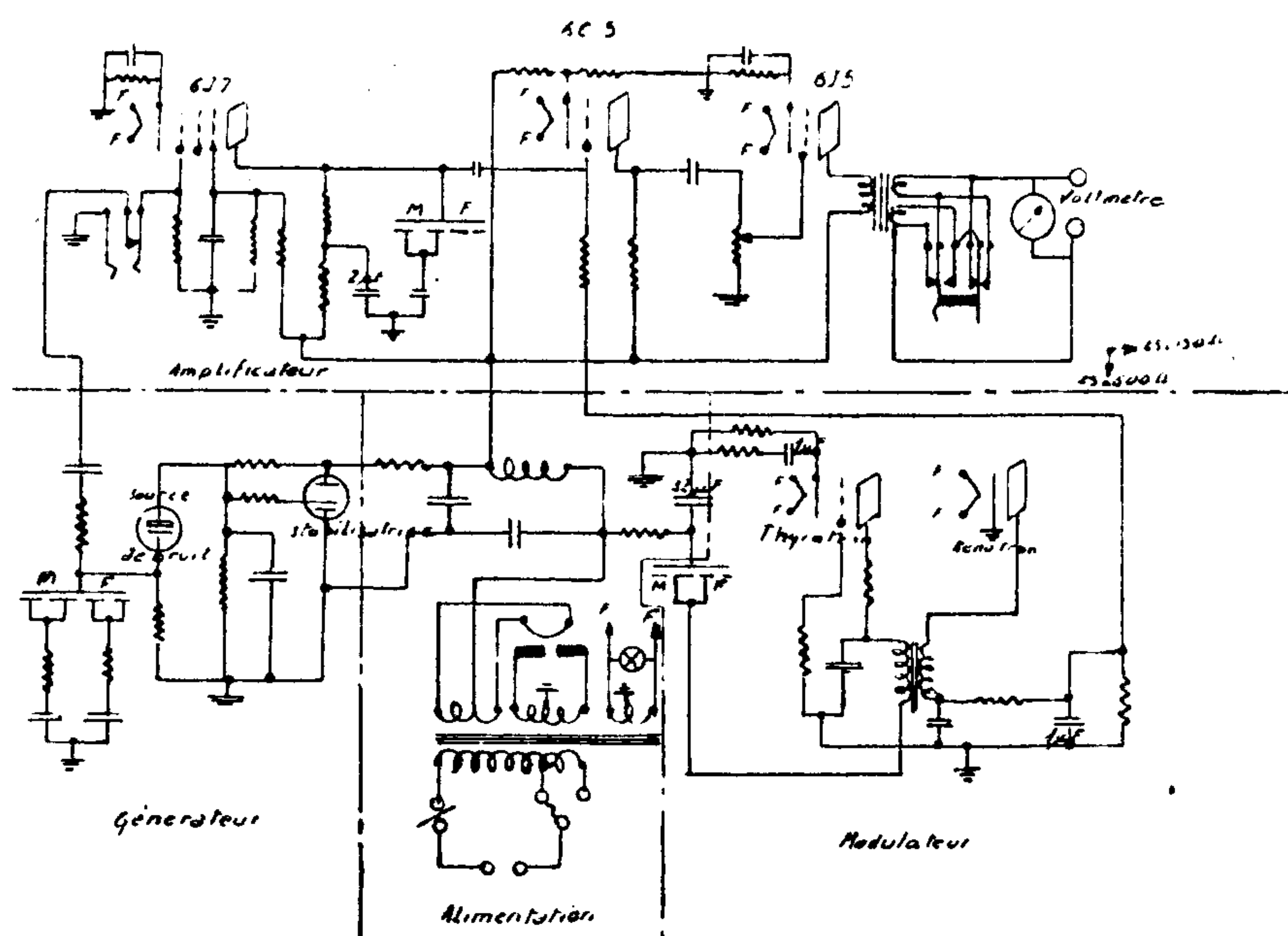


Fig. 1. — Voix artificielle.

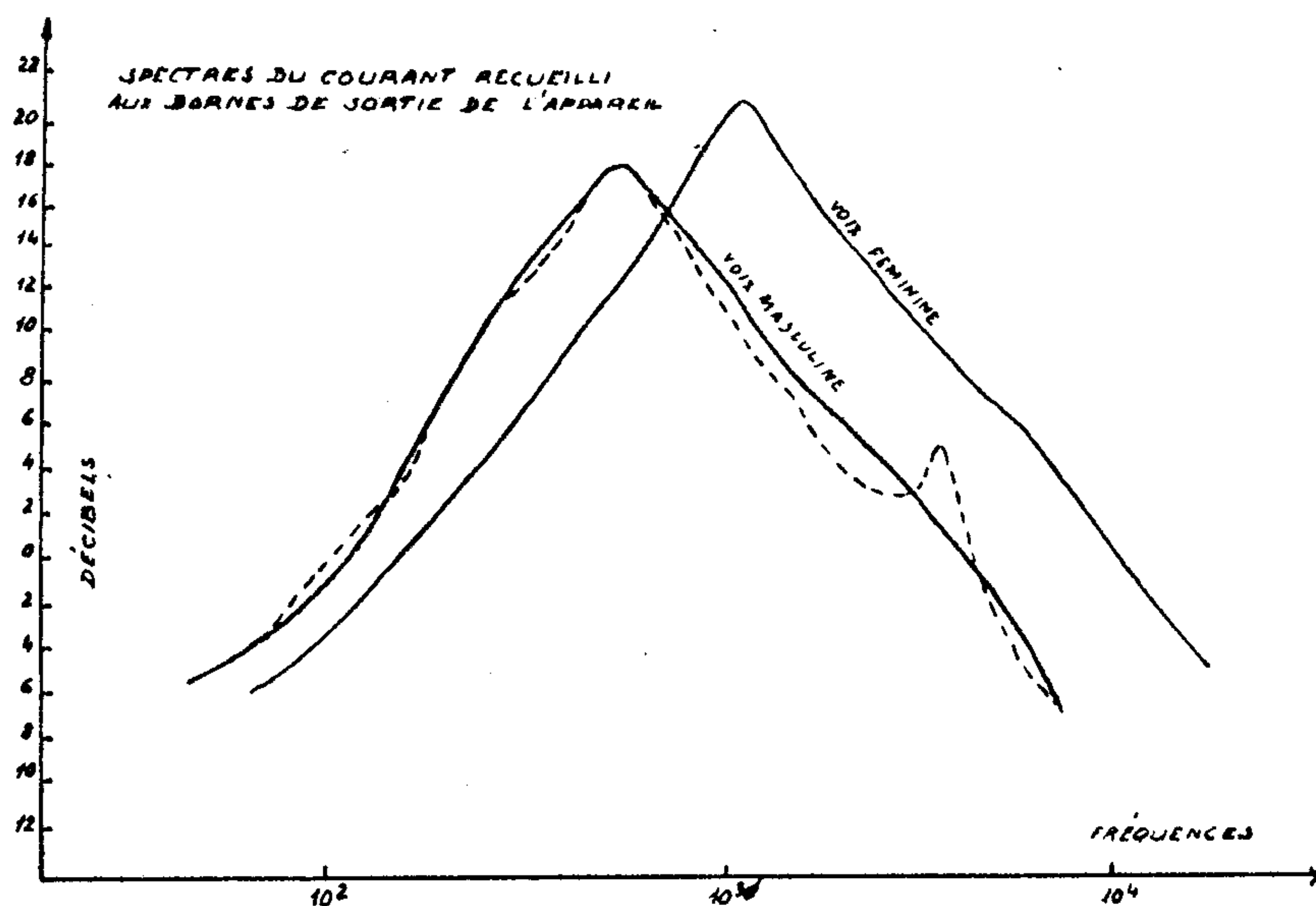


Fig. 2. — Voix artificielle.

donne le schéma général de l'appareil. Les courbes publiées par Fletcher ([2])

([2]) (Speech and hearing.)

ont pu être ainsi matérialisées (*fig.* 2). Un amplificateur permet d'obtenir une puissance de sortie de 6 mW dans 600 ohms. Des mesures téléphonométriques, exécutées avec cette source de courant sur des écouteurs téléphoniques ayant des efficacités variant de 2,3 db Meilleur à 23,1 db Pire que l'étalon, et les courbes de réponse les plus diverses, ont donné des résultats concordant avec ceux des mesures téléphonométriques normales. Les écarts individuels entre les deux séries de mesures sont au maximum de 1,6 db, ce qui est au plus égal aux écarts téléphonométriques habituels.

Pour rendre l'analogie de la voix artificielle avec la voix naturelle plus complète, on a adjoint au dispositif, qui donne en quelque sorte les sons continus de voyelles, une modulation par relaxation correspondant aux consonnes. On la réalise au moyen d'un thyratron dont le courant passe dans le primaire d'un transformateur : la tension produite par induction aux bornes du secondaire polarise la grille d'une lampe amplificatrice du bruit produit par le tube au néon. Cette modulation a un rythme réglable, mais que l'on fixe de préférence à 4 par seconde, qui est voisin du rythme d'énonciation moyenne des consonnes (voix très lente rythme d'orateur 2 par seconde, voix très rapide 8 par seconde). Dans le cas des mesures de microphones, la voix artificielle est utilisée en liaison avec une bouche artificielle. Il est prévu de lui adjoindre un interrupteur automatique donnant des coupures d'une durée de 2 secondes toutes les 6 à 7 secondes, de manière à simuler les durées normales de reprise de respiration et d'émission vocale continue (variable entre des limites voisines de 3 à 13 secondes).

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la forme matricielle des équations de Maxwell.* Note de M. **Jacques Baudot.**

On a déjà donné de multiples formes matricielles aux équations de l'électromagnétisme dans le vide, en l'absence de charge (ce cas correspond au rayonnement pur dans l'espace vide, en dehors de toute interaction avec la matière). La plus intéressante de ces formes est sans doute celle étudiée par Darwin qui utilise comme *fonction d'onde* les six composantes du bivecteur champ électromagnétique

$$\Psi_{1,i} = H_i, \qquad \Psi_{2,j} = E_j.$$

Les équations de Maxwell s'écrivent alors très simplement

$$\left[\frac{1}{c}\partial_t - \gamma_i \partial_i\right]\Psi = 0, \qquad \operatorname{div}\Psi_{k,} = 0 \qquad (k = 1, 2)$$

au moyen de trois matrices hermitiennes simples à deux jeux d'indices. On a remarqué depuis ([1]) que ces matrices satisfaisaient au même groupe de

([1]) G. Petiau, *Rev. scient.*, Février 1945, p. 67; *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1710.

relations que celles de la théorie du photon. Mais Darwin lui-même avait remarqué combien il est gênant d'avoir à juxtaposer aux équations de propagation, les équations de condition en div., qui leur sont hétérogènes. Il est possible d'intégrer très simplement ces équations de conditions aux équations d'évolution en un seul système matriciel, en adjoignant deux composantes fictives $\Psi_{k,4}$ ($k=1,2$) constantes ou nulles, donc de dérivées temporelles nulles. On a ainsi simplement

$$\frac{1}{c}\partial_t\Psi = \mathfrak{A}_i\partial_i\Psi,$$

avec des matrices du huitième rang. Ces matrices sont, par exemple,

$$\mathfrak{A}_1 = \begin{vmatrix} & & & & & & & 1 \\ & & & & & & -1 & \\ & & & & & 1 & & \\ & & & & -1 & & & \\ & & & -1 & & & & \\ & & 1 & & & & & \\ & -1 & & & & & & \\ 1 & & & & & & & \end{vmatrix}, \qquad \mathfrak{A}_2 = \begin{vmatrix} & & & & & & & 1 \\ & & & & & & 1 & \\ & & & & -1 & & & \\ & & & & & -1 & & \\ & & -1 & & & & & \\ & & & -1 & & & & \\ 1 & & & & & & & \\ & 1 & & & & & & \end{vmatrix},$$

$$\mathfrak{A}_3 = \begin{vmatrix} & & & & & -1 & & \\ & & & & 1 & & & \\ & & & & & & & 1 \\ & & & & & & -1 & \\ & 1 & & & & & & \\ -1 & & & & & & & \\ & & & -1 & & & & \\ & & 1 & & & & & \end{vmatrix}.$$

Elles sont obtenues en bordant les matrices γ de Darwin du 6ᵉ rang. On peut voir immédiatement qu'elles sont composées au moyen des matrices quaternioniennes e'_1, e'_2, e'_3 (2). Malheureusement, elles ne satisfont plus au même groupe, mais à celui des matrices de Dirac. Il est cependant possible de lever cette difficulté, qui se présente dans toutes les représentations matricielles de l'électromagnétisme, en utilisant un formalisme qui nous rapproche encore de la théorie du photon. Nous pouvons en effet écrire une deuxième série d'équations de propagation

$$\frac{1}{c}\partial_t\Psi = \mathfrak{B}_i\partial_i\Psi,$$

(2) Kwall, *Journ. Phys.*, 5, 1934, p. 445.

où les $\mathcal{B}_i$ sont obtenus comme les $\mathcal{A}_i$ par bordure des γ de Darwin, mais en changeant les signes de bordures. Les $\mathcal{B}_i$ sont alors composés au moyen des matrices quaternioniennes e_1, e_2, e_3 ([2]). On n'a plus désormais à spécifier $\Psi_{k,4} =$ const. (ou $= 0$), car c'est une *conséquence* des équations de propagation. On a ainsi le double système

$$\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\Psi = \left(\mathcal{A}_1\frac{\partial}{\partial x} + \mathcal{A}_2\frac{\partial}{\partial y} + \mathcal{A}_3\frac{\partial}{\partial z}\right)\Psi, \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\Psi = \left(\mathcal{B}_1\frac{\partial}{\partial x} + \mathcal{B}_2\frac{\partial}{\partial y} + \mathcal{B}_3\frac{\partial}{\partial z}\right)\Psi.$$

Par addition et soustraction on a le système équivalent

$$\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\Psi = \left(\frac{\mathcal{A}_i + \mathcal{B}_i}{2}\right)\partial_i\Psi; \qquad 0 = \left(\frac{\mathcal{A}_i - \mathcal{B}_i}{2}\right)\partial_i\Psi.$$

Les $\mathcal{B}$ et les $\mathcal{A}$ satisfont comme en théorie du photon de L. de Broglie à

$$\mathcal{A}_i^2 = \mathcal{B}_i^2 = 1, \qquad \mathcal{A}_r\mathcal{A}_s + \mathcal{A}_s\mathcal{A}_r = \delta_{rs}, \qquad \mathcal{A}_r\mathcal{B}_s - \mathcal{B}_s\mathcal{A}_r = 0, \qquad \mathcal{B}_r\mathcal{B}_s + \mathcal{B}_s\mathcal{B}_r = \delta_{rs}.$$

Par contre les $(\mathcal{A}_i + \mathcal{B}_i)/2$ sont égaux aux γ_i de Darwin et satisfont aux relations caractéristiques du photon. Les trois premières équations correspondantes sont les équations $\overrightarrow{\text{rot}}$. La quatrième donne $\partial_t\Psi_{k,4} = 0$. Les équations en $(\mathcal{A}_i - \mathcal{B}_i)/2$ donnent

$$\text{div}\,\Psi_k = 0 \qquad \text{et} \qquad \partial_x\Psi_{k,4} = \partial_y\Psi_{k,4} = \partial_z\Psi_{k,4} = 0.$$

Nous n'utilisons pas la représentation au moyen d'un vecteur champ complexe $\overrightarrow{\text{H}} + i\overrightarrow{\text{E}}$, car cette combinaison voile le sens physique réel de notre Ψ, et introduit prématurément le symbole imaginaire. Par ailleurs il n'existe pas de quatrième matrice anticommutant avec les trois matrices $\sigma_i = ie_i$ qui interviennent quand on adjoint les équations de condition aux équations de propagation. Dans le cas que nous traitons, la quatrième matrice anticommutante est immédiate d'après la forme des $\mathcal{A}_i$ (ou des $\mathcal{B}_i$); c'est

$$\mathcal{A}_4 = \mathcal{B}_4 = \left(\begin{array}{c|c} 1 & \\ \hline & -1 \end{array}\right) \qquad \text{et} \qquad \mathcal{A}_{1234} = \mathcal{B}_{1234} = \left(\begin{array}{c|c} & 1 \\ \hline 1 & \end{array}\right).$$

Il n'en existe pas d'autre, ce qui semble devoir introduire quelque différence avec le formalisme de la théorie quantique du photon (ceci provient de ce que $\mathcal{A}_{123} = \mathcal{B}_{123}$).

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur un générateur d'impulsions apériodiques étalonnées et son application à l'enregistrement statistique et à la radiogoniométrie des atmosphériques.* Note ([1]) de M. **Fernand Carbenay**, présentée par M. Camille Gutton.

L'enregistrement du niveau moyen des atmosphériques a conduit R. Bureau à utiliser, dès 1930, le procédé suivant de vérification du seuil de fonctionne-

([1]) Séance du 2 juin 1947.

ment des récepteurs-enregistreurs statistiques d'atmosphériques comportant un radiocinémographe ([2]) :

« On charge à un potentiel connu un condensateur dont les fuites sont négligeables. On le décharge ensuite brusquement dans un circuit bien défini et on applique à l'entrée des circuits de l'enregistreur, les variations de tension d'un point du circuit de décharge. Le relais de l'enregistreur obéit. On diminue alors le potentiel de charge du condensateur et l'on recommence l'opération jusqu'au moment où le relais cesse d'obéir. »

J'ai réalisé, en 1942, un générateur d'impulsions apériodiques, basé sur un principe analogue, mais comportant un *couplage inductif variable étalonné* destiné à relier le circuit de décharge du condensateur à l'aérien ou au circuit d'entrée du récepteur-enregistreur.

L'enroulement primaire de l'inductance mutuelle est inséré dans le circuit de décharge, siège du courant d'intensité i, qui comprend, outre le condensateur et le commutateur à mercure (dans le vide), une résistance définissant avec la capacité du condensateur, la constante de temps de valeur appropriée du circuit (10^{-5} à 10^{-6} seconde); l'enroulement secondaire est intercalé, soit dans l'aérien, soit dans le circuit d'entrée du récepteur.

On règle l'inductance mutuelle M ou la différence de potentiel U de charge du condensateur à la valeur correspondant au fonctionnement limite du radiocinémographe, c'est-à-dire que l'on détermine, pour le seuil de fonctionnement de celui-ci, l'impulsion correspondante Φ de la force électromotrice induite dans l'antenne ou appliquée à l'entrée du récepteur

$$\Phi = \int_0^\infty \left(-\mathrm{M}\frac{di}{dt}\right) dt = \frac{\mathrm{M}}{\mathrm{R}}\mathrm{U}.$$

Cette impulsion est une variation de flux magnétique ([3]).

L'emploi du générateur d'impulsions a été étendu à l'étalonnage des appareils d'enregistrement du niveau moyen des atmosphériques, que j'ai réalisés en 1941 avec des galvanomètres à amortissement prépondérant ([4]), en établissant la relation entre une impulsion Φ appliquée dans l'antenne (ou à l'entrée du récepteur) et la quantité d'électricité Q correspondante traversant l'enregistreur.

Les courbes $Q = f(\Phi)$ relevées, en juillet 1946, sur les appareils du Laboratoire National de Radioélectricité, mettent en évidence l'apparition de la saturation des tubes électroniques pour des impulsions de grandeur supérieure à

([2]) R. BUREAU, *Mém. de l'Office National Météorologique de France*, n° 25, 1936, p. 4.

([3]) Qui pourrait aussi être produite, en principe, par un commutateur provoquant une variation de courant continu dans un circuit inductif de constante de temps convenable.

([4]) F. CARBENAY, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 1029, et **219**, 1944, p. 443; *Annales des Télécommunications*, **1**, n° 7, juillet 1946.

deux ou trois fois celle correspondant au seuil, ce qui explique la similitude des enregistrements du niveau moyen des atmosphériques obtenus soit avec le radiocinémographe, soit avec l'enregistreur à amortissement prépondérant, ces deux appareils ayant des constantes de temps du même ordre de grandeur (80 à 150 secondes).

Le générateur d'impulsions a également été utilisé pour l'analyse du fonctionnement et pour l'étalonnage des radiogoniomètres d'atmosphériques. En particulier, les courbes $Q = f(\Phi)$ ont permis récemment à G. Foldès [5] d'étudier l'influence de la saturation des tubes sur la variation de largeur du secteur des radiogoniomètres d'atmosphériques de R. Bureau [6] en fonction de l'intensité du champ des atmosphériques.

ÉLECTRONIQUE. — *Influence du courant de saturation sur le courant de charge d'espace dans les tubes à vide utilisant des cathodes à oxydes.* Note [1] de M. **Robert Champeix**, présentée par M. Camille Gutton.

I. En expérimentant sur des cathodes à oxydes, on observe :

1° Que le courant d'une diode utilisant une telle cathode en régime de charge spatiale peut varier en fonction du courant de saturation.

2° Qu'il n'y a pas de relation prévisible entre la variation du courant de saturation et la variation correspondante du courant de charge spatiale. En effet, suivant les cas, ce dernier peut croître, rester inchangé ou parfois même décroître lorsque le courant de saturation augmente.

Nous nous proposons de donner une explication de ces différents comportements.

II. On sait que lorsque, dans un tube à vide, le courant de saturation I de la cathode est très supérieur au courant de charge d'espace i, ce dernier ne dépend théoriquement pas de I. Mais ceci n'est vrai qu'à la condition que l'émission de la cathode soit régulièrement répartie sur toute sa surface. Or, dans les cathodes à oxydes, cette condition ne se trouve pas toujours réalisée, et c'est ce fait qui est la cause des anomalies constatées, ainsi que nous allons le montrer.

Pour simplifier, supposons la cathode divisée en deux parties égales a et b, ces deux parties pouvant être différentes l'une de l'autre au point de vue de leurs constantes thermioniques, mais chacune d'elles ayant une émission identique et homogène en chaque point de sa propre surface. Appelons I_a et I_b les courants de saturation, i_a et i_b les courants de charge d'espace de chacune de ces parties et soit S/2 leurs surfaces.

---

(5) Note préliminaire du Laboratoire National de Radioélectricité, n° 103.

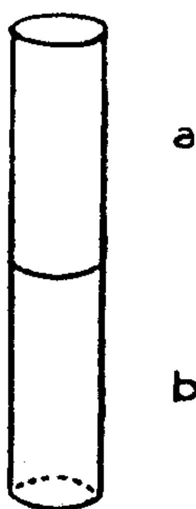
(6) *Loc. cit.*, p. 4 à 27.

(1) Séance du 28 mai 1947.

Supposons qu'au début de l'expérience, seule la partie *a* soit active, et que la partie *b* n'ait qu'un courant de saturation I_b négligeable devant le courant de charge d'espace i_a. Le courant de saturation total de la cathode se réduira donc à I_a et son courant de charge d'espace total a i_a. Pour fixer les idées, supposons que l'on ait

$$\frac{S}{2} = 1^{\text{cm}^2}, \qquad I_a = 1 \text{ ampère}, \qquad i_a = 0{,}01 \text{ ampère}.$$

Supposons maintenant que par un artifice quelconque, activation ou augmentation de température, nous donnions à la partie *b* un courant de saturation non négligeable devant le courant de charge d'espace i_a, mais cependant faible devant le courant de saturation I_a. Faisons par exemple $I_b = 0{,}1$ ampère. Dans



ces conditions, le courant de saturation total du tube $I_a + I_b$ sera porté à 1,1 ampère. Quant au courant de charge d'espace i_b, étant donné qu'il n'est plus limité par le courant de saturation, il sera pratiquement égal à i_a, et la surface active de la cathode ayant doublé, on aura

$$i_a + i_b = 0{,}02 \text{ ampère}.$$

Voici donc un cas où le courant de saturation n'ayant augmenté que de 10 % le courant en charge d'espace est doublé.

III. Un raisonnement analogue permet d'expliquer pourquoi, dans certains cas, une baisse de courant de saturation entraîne une augmentation du courant de charge d'espace. Supposons en effet que nous ayons appliqué à la cathode un traitement tel que l'on ait légèrement désactivé la partie *a* et au contraire activé la partie *b*. On pourrait alors constater que la partie *a* n'aurait plus qu'un courant de saturation de 0,8 A, et que celui de la partie *b* serait porté de 0 à 0,1 A, soit au total 0,9 A. Cependant, le courant de saturation de chacune des parties étant très supérieur au courant de charge d'espace, ce dernier passerait à 0,02 A, alors qu'il n'était primitivement que de 0,01 A pour un courant de saturation total de 1 A.

IV. Le raisonnement que nous avons appliqué à une cathode théorique séparée en deux parties s'applique également au cas pratique où les parties très émissives et peu émissives sont distribuées irrégulièrement sur la cathode. Nous pouvons comprendre ainsi :

1° Que les variations spontanées ou volontaires du courant de saturation d'une cathode à oxydes peuvent entraîner des variations du courant de charges spatiales dont le sens et la grandeur sont sans rapport avec le sens et la grandeur de la variation du courant de saturation.

2° Que lorsqu'on augmente la tension anodique, le courant électronique d'une cathode à oxydes peut passer très progressivement du régime de charges spatiales au régime de la saturation, en raison des valeurs très différentes de la densité du courant de saturation en chaque point de la cathode.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur la limite de résolution du microscope électronique. Lentille dissymétrique.* Note (¹) de M. **Henri Bruck**, présentée par M. Camille Gutton.

D'après une Note précédente (²), la meilleure limite de résolution d'une lentille à électrons est de

$$\delta_{min} = 0,42\lambda\sqrt[4]{\frac{\mathcal{C}_s}{\lambda}}.$$

Cependant, ce résultat ne peut être atteint qu'avec une lentille dont la symétrie de révolution est parfaite. On sait aujourd'hui, qu'en fait la limite de résolution du microscope à électrons est généralement imposée par de faibles dissymétries dans l'objectif, qu'il est très difficile d'éviter, notamment une légère ovalisation du champ (³) (⁴) (⁵). La limite de résolution s'exprime alors en fonction de ces dissymétries.

On sait (⁶) que ces dernières rendent l'image astigmatique. Le faisceau image, à l'approximation de Gauss n'est plus homocentrique, mais s'appuie sur deux focales. Au milieu, entre ces focales, le faisceau se rétrécit en un cercle de moindre diffusion qui joue pratiquement le rôle d'image. Entre la distance l séparant les focales, le rayon ρ du cercle de moindre diffusion, et la demi-ouverture α du faisceau (toutes ces grandeurs rapportées à l'espace objet), il y a les relations

$$l = \text{const.} = 2\mathcal{C}',$$
$$\rho = \mathcal{C}'\alpha.$$

On peut donc caractériser le défaut de la lentille par une constante d'aberration de dissymétrie $\mathcal{C}'$. La limite de résolution sera donnée en fonction de cette constante dans tous les cas où le défaut de dissymétrie est plus important que l'aberration de sphéricité.

(¹) Séance du 12 mai 1947.
(²) H. Bruck, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1553.
(³) W. Glaser, *Z. f. Phys.*, **120**, 1942, p. 1.
(⁴) J. Hillier et E. G. Ramberg, *J. of Appl. Phys.*, **18**, 1947, p. 48.
(⁵) Fr. Bertein, *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 106, 560, 737.
(⁶) M. Cotte, *Thèse*, Paris, 1938.

Suivant la méthode de superposition, la limite de résolution serait

$$\delta=\sqrt{\left(0,6\frac{\lambda}{\alpha}\right)^2+(\mathcal{C}'\alpha)^2};$$

avec un minimum

$$\delta_{\min}=1,1\lambda\sqrt[2]{\frac{\mathcal{C}'_s}{\lambda}}$$

pour

$$\alpha_{\text{opt}}=0,78\sqrt[2]{\frac{\lambda}{\mathcal{C}'}}.$$

Ces formules remplacent les formules classiques dans le domaine $\mathcal{C}'>2\lambda\sqrt[2]{\mathcal{C}_s/\lambda}$.

On parvient à des formules analogues purement ondulatoires, en admettant que l'optimum de la limite de résolution est atteint avec l'ouverture angulaire 2α du faisceau pour laquelle, dans le plan du cercle de moindre diffusion, la limite de Lord Rayleigh est juste atteinte (¹). Ceci est le cas avec une ouverture 2α telle que la profondeur de champ p que la lentille aurait si elle était symétrique, égale juste la distance l entre les focales. Ici la profondeur de champ p est le domaine axial à l'intérieur duquel la différence de marche maximum n'excède pas la valeur de $\lambda/4$. Dans le domaine $\alpha\leqq\sqrt[4]{\lambda/\mathcal{C}_s}$ pour lequel l'influence de l'aberration sphérique sur la profondeur de champ devient négligeable, on a $p=\lambda/\alpha^2$.

Il s'ensuit, pour la limite de résolution optimum de la lentille dissymétrique en théorie ondulatoire,

$$\delta_{\min}=0,85\lambda\sqrt[2]{\frac{\mathcal{C}'}{\lambda}}$$

avec

$$\alpha_{\text{opt}}=0,71\sqrt[2]{\frac{\lambda}{\mathcal{C}'}},$$

dans le domaine $\mathcal{C}'>0,5\lambda\sqrt[2]{\lambda/\mathcal{C}'}$.

OPTIQUE. — *Évolutions des lames très minces d'argent.* Note (¹) de M. **Marcel Perrot**, présentée par M. Jean Cabannes.

Jagesberger et Schmid (²) ont étudié l'évolution dans le vide et dans l'air des facteurs de transmission des lames d'argent très minces, obtenues par projection cathodique et ont mis en évidence trois phénomènes : un vieillissement spontané dans le vide, une adsorption et une action chimique des gaz lorsque les lames sont placées dans l'air. Mais en raison du vide peu poussé dans lequel se fait la préparation des lames d'argent « cathodiques », il est à craindre que le phénomène de vieillissement dans le vide soit encore accom-

(¹) Séance du 28 mai 1947.

(²) *Zeits. für Phys.*, **89**, 1934, p. 557.

pagné d'un phénomène d'adsorption. Une détermination correcte des propriétés optiques ne peut, à mon avis, être effectuée qu'avec des lames d'argent préparées par vaporisation thermique dans un vide poussé et en étudiant ces lames après « vieillissement » dans le vide même de la préparation.

Dans ce but, j'ai mis au point un appareillage ([3]) permettant d'obtenir et de manipuler les lames dans un vide poussé.

Un montage optique permet de suivre, de l'extérieur, les variations des facteurs de réflexion des lames dans le vide. Les lames très minces d'argent ont été déposées sur des supports prismatiques en verre préalablement traités dans un bain d'acide sulfurique concentré et bouillant et rincés à l'eau courante puis distillée.

Les parcelles d'argent très pur sont placées dans un creuset de glucine chauffé par un fil de tungstène de 3/10 de millimètre parcouru par un courant de 5 A. La vaporisation n'est effectuée que lorsque la cloche a été maintenue pendant une heure sous une pression inférieure à 10^{-5} mm de mercure. J'ai pu obtenir ainsi des lames d'argent très propres d'épaisseurs comprises entre 0 et $11^{m\mu}$.

Les épaisseurs de métal sont repérées à la microbalance par la différence de poids, avant et après projection, d'une lamelle de verre très mince placée à côté de la lame support.

Pour étudier les phénomènes immédiatement après la fin de la projection, j'ai été conduit à mesurer le facteur de réflexion R' de la lame côté verre. A cet effet j'ai comparé les flux lumineux réfléchis par le verre métallisé et par le verre nu en utilisant la radiation de longueur d'onde 5461 Å.

Pour une épaisseur d'argent déterminée, le facteur de réflexion R' varie en fonction du temps et sa valeur tend vers une limite R'_l qui est d'autant plus rapidement atteinte que l'épaisseur est plus faible (*fig.* 1). Cette variation, appelée *vieillissement spontané*, serait due au réarrangement cristallin qui se fait à la surface du verre après projection.

Si l'on trace la courbe donnant la variation de R'_l en fonction de l'épaisseur de la lame d'argent, on obtient la figure 2 *a*.

Lorsqu'on fait entrer l'air dans la cloche à projection, le facteur de réflexion prend une valeur R'_a supérieure à R'_l. La courbe *b* de la figure 2 représente les variations de R'_a en fonction de l'épaisseur de la lame d'argent.

Si l'on produit à nouveau un vide poussé dans la cloche, on revient à la valeur limite R'_l, comme l'indiquent les parties pointillées des courbes de la figure 1. Cette réversibilité se reproduit autant de fois qu'on le désire, même après avoir abandonné la lame d'argent dans l'air pendant plusieurs heures. Dans ce dernier cas, les valeurs limites obtenues ne sont pas toujours les mêmes que les valeurs initiales. Ceci provient vraisemblablement d'une action chimique de l'air.

([3]) PERROT, *Communication à la Réunion d'Opticiens* (Paris, octobre 1946).

Il serait évidemment intéressant d'étudier cet effet réversible en fonction de la pression et de la nature des gaz. Les courbes *c* et *d* de la figure 2 représentent les variations des facteurs de réflexion R′ dans le verre sur le métal et R dans

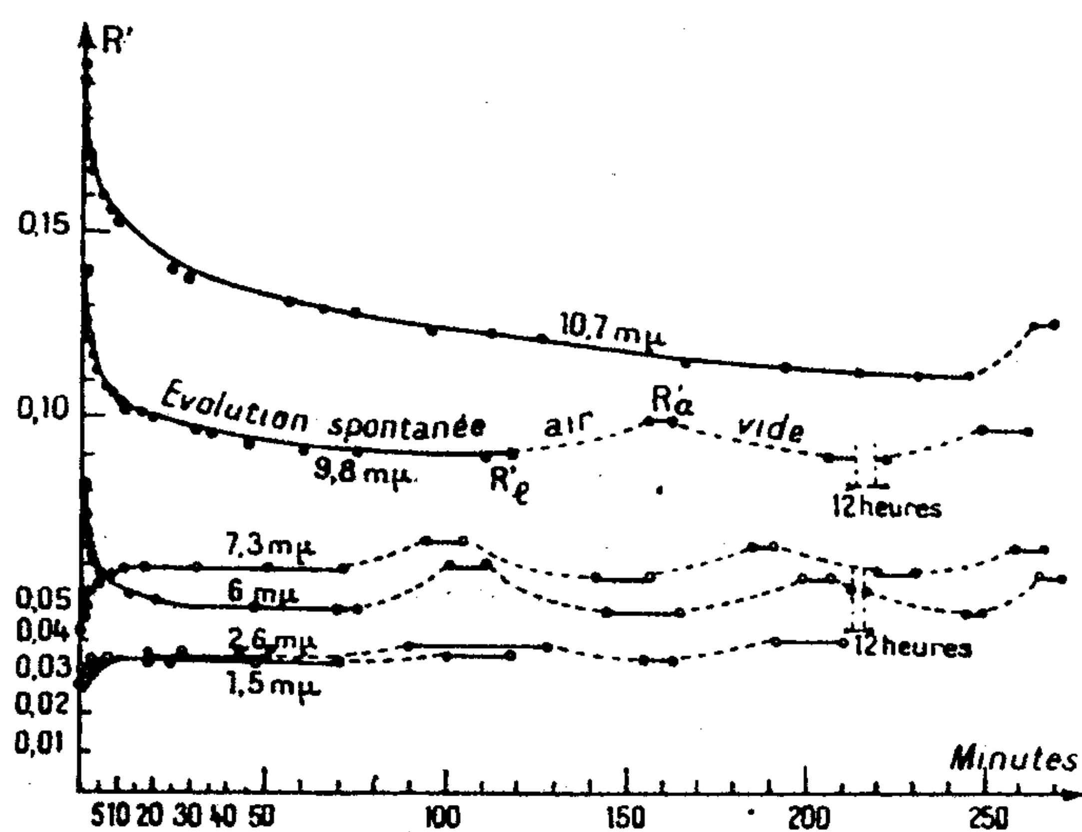


Fig. 1.

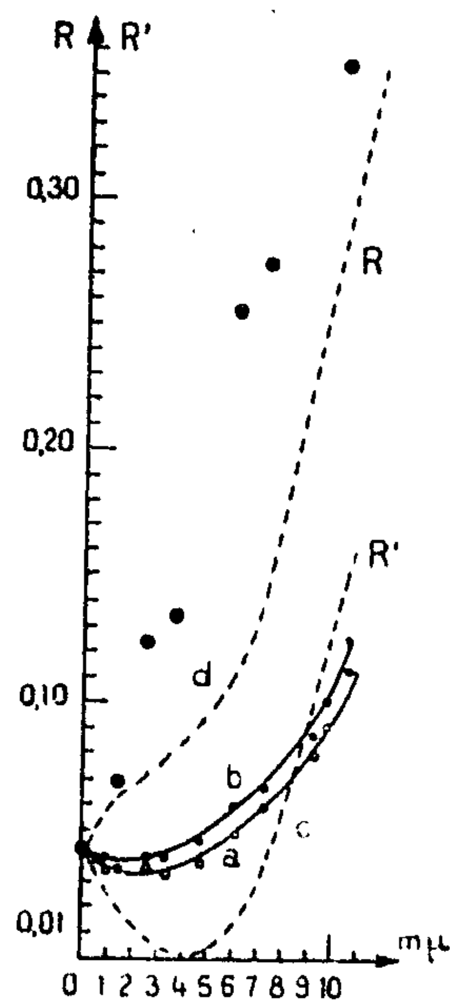


Fig. 2.

l'air sur le métal des lames *cathodiques* obtenues par P. Rouard avec le même échantillon d'argent ([1]), pour la même longueur d'onde, immédiatement après avoir sorti la lame de la cloche à projection. Le minimum par lequel passe la courbe *c* est presque nul alors qu'il n'en est pas de même pour l'argent *thermique* dont les constantes optiques se rapprochent davantage de celles du métal massif.

Pour compléter cette étude, et à titre d'indication, j'ai déterminé, pour quelques lames d'argent, les facteurs de réflexion R (⊗) dans le vide sur le métal. Alors que, dans le cas le plus favorable, les facteurs de réflexion R′ sont déterminés à moins de 2 à 3 % près, il n'en est pas de même des facteurs de réflexion R, à cause de la méthode utilisée.

Ces faits expliquent vraisemblablement les divergences qui existent entre les résultats obtenus par les différents auteurs qui ont étudié les propriétés optiques des lames très minces d'argent.

([1]) *Ann. de Phys.*, 7, 1937, p. 291.

SPECTROSCOPIE. — *Examen des spectres d'absorption infrarouges de sels complexes, notamment de cobaltiammines. Modes de vibration.* Note de Mme **Raymonde Duval**, MM. **Clément Duval** et **Jean Lecomte**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons obtenu à l'aide de l'appareil déjà décrit (1), entre 6 et 15μ, soit entre 1666 et 666 cm^{-1}, les spectres d'absorption infrarouges de 44 complexes hexacoordonnés, pris sous forme de poudres. L'étude porte surtout sur les cobalti-pentammines $X_2[CoY(NH_3)_5]$, dont nous avons donné autrefois une méthode générale de préparation (2). Pour faciliter l'interprétation des fréquences mesurées, nous avons examiné aussi les spectres d'absorption infrarouges de quelques chromi-pentammines homologues $X_2[CrY(NH_3)_5]$, des sels d'hexammine $X_3[Co(NH_3)_6]$ et $X_3[Cr(NH_3)_6]$, le ferricyanure de potassium et les chlorures complexes de nickel $Cl_2[Ni(NH_3)_6]$ et $Cl_2[Ni(H_2O)_6]$. Les modes de préparation, le tableau des fréquences mesurées et le dénombrement des modes de vibration paraissent dans un autre recueil.

Pour les composés de symétrie octaédrale O_h (type hexammine), nous admettrons que, en particulier, les groupements NH_3 peuvent être considérés comme ponctuels; dans ces conditions, on constate une alternance entre les spectres de diffusion et d'absorption et prévoit une vibration simple, une double dégénérée et quatre triplement dégénérées distinctes formant le total de 15 vibrations $(1+1\times 2+4\times 3)$.

Dans le cas des pentammines, la symétrie est C_{4v}; toutes les vibrations sont actives dans la diffusion; trois ne se retrouvent pas dans l'absorption; on prévoit ainsi huit bandes infrarouges distinctes dont quatre correspondent à des vibrations doubles dégénérées. En passant du modèle de l'octaèdre régulier à celui des pentammines, les quatre vibrations triplement dégénérées se transforment chacune en une vibration doublement dégénérée et en une vibration simple; la vibration doublement dégénérée de l'octaèdre donne deux vibrations simples.

On sait que, plus les molécules présentent une symétrie élevée, plus il devient nécessaire de considérer, en parallèle, le spectre de diffusion; malheureusement, pour la presque totalité des complexes étudiés, tous colorés en solution aqueuse, ce spectre est malaisé à obtenir. Les seules études sur lesquelles nous pûmes nous appuyer, sont celles de J. P. Mathieu (3), relatives aux complexes incolores de platine, de rhodium et d'iridium.

(1) P. Lambert et J. Lecomte, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 155.
(2) R. et Cl. Duval, *ibid*, 189, 1929, p. 537, et R. Duval, *Thèse*, Paris, 1932.
(3) *J. Chim. phys.*, 36, 1939, p. 308.

Ceci posé, les spectres que nous avons mesurés présentent trois régions principales d'absorption : A vers $800 cm^{-1}$, B vers $1200 cm^{-1}$, C vers $1500 cm^{-1}$. Lorsqu'on passe d'une cobaltiammine à la chromiammine homologue, on retrouve exactement le même nombre de bandes avec un déplacement dans un sens ou dans l'autre.

En plus de ces trois régions, qui possèdent des fréquences d'absorption relativement fixes, on trouve des bandes qui varient d'un complexe à l'autre. Les bandes fixes appartiennent aux éléments constants du dérivé, c'est-à-dire l'ammoniac et l'ensemble du complexe; les bandes variables se manifestent chaque fois que l'on rencontre l'un des groupements : chlorate, formiate, sulfate, chromate, dithionate, perchlorate, etc. En première approximation, les fréquences propres de ces groupements se montrent les mêmes dans les complexes et dans les sels métalliques simples étudiés précédemment. Toutefois, les halogènes ne se décèlent pas dans nos mesures, car ils sont *transparents* entre 6 et 15μ.

Il se montre indifférent que les groupements précédents se trouvent à l'état dissimulé ou à l'état d'ion libre. Le spectre infrarouge ne permet donc pas de distinguer entre deux métamères d'ionisation.

La région d'absorption désignée plus haut par B est attribuée à la présence d'ammoniac. Elle manque effectivement chez le ferricyanure de potassium et le chlorure de nickel hexahydraté. Les bandes fondamentales de l'ammoniac, au nombre de 4, se placent habituellement de la manière suivante

ν_1.	δ_3.		ν_{13}.	δ_{13}.
3335	933	956	3415	1631 cm^{-1}.

Notre région d'étude peut donc présenter les bandes correspondant à δ_{12} et à δ_3, mais, ni les spectres des hexammines ni ceux des pentammines ne les reproduisent aux mêmes endroits que dans la molécule d'ammoniac libre. La vibration de déformation correspondante ne peut pas s'effectuer indépendamment, semble-t-il. On pourrait penser que la région A vers $800 cm^{-1}$ indique une autre vibration de déformation de l'ammoniac; mais, comme on ne la retrouve pas chez des complexes de chrome qui en sont dépourvus, nous pensons qu'il s'agit plutôt d'une vibration d'ensemble du complexe. La solution définitive ne pourrait être donnée qu'en préparant des cobaltiammines avec l'ammoniac lourd ND_3 au lieu de NH_3.

Quant au groupement CN du ferricyanure (et aussi du ferrocyanure), la vibration de valence pour deux atomes triplement liés se plaçant vers $2200 cm^{-1}$ (région en dehors de notre zone d'étude), si nous admettons que la bande de $1523 cm^{-1}$ lui est attribuable, il faut supposer l'existence d'une double liaison $C=N$. Les ferricyanures contiendraient donc, dans une certaine proportion, le radical carbylamine.

Cette étude nous a permis aussi de montrer que différents échantillons de chlorure isoxanthocobaltique se comportent comme un mélange de trois complexes : le chlorure de cobalti-chloropentammine, le chlorure et le nitrite de cobalti-nitropentammine, ce qui semble exclure l'existence de l'isomérie de sels dans ce cas particulier (4).

La méthode des poudres permet donc d'obtenir, avec une grande facilité, les spectres d'absorption infrarouges des complexes; malheureusement, beaucoup de vibrations propres se placent dans des régions très éloignées du visible, qui n'ont pas pu être atteintes dans ce travail.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre continu des décharges condensées dans les gaz à basse pression, pour des densités de courant relativement faibles.* Note de MM. **Jacques Romand** et **Boris Vodar**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans un travail antérieur (1), nous avons montré que les spectres continus obtenus par décharge d'un condensateur dans un gaz à basse pression sont indépendants de la pression (2-80 Torr) et de la nature du gaz (air, N_2, H_2, He, Ar, Kr, Xe) dans les conditions où nous avons opéré : capillaire de 1^{mm} de diamètre et 50^{mm} de longueur, densité de courant allant jusqu'à 120000 A/cm^2.

Nous nous sommes proposé de poursuivre cette étude en modifiant le diamètre du capillaire, sa longueur, ainsi que la densité du courant maximum.

Pour obtenir cette dernière, nous faisons une étude électrique préalable de ces décharges en appliquant à une lampe à néon la tension prise aux bornes d'une faible résistance intercalée dans le circuit. On fait varier cette résistance jusqu'au point où la lampe s'allume juste. Des mesures récentes faites à l'oscillographe confirment les ordres de grandeur indiqués par cette méthode, dont nous avons par ailleurs vérifié la fidélité.

En ce qui concerne la photométrie photographique de ces décharges, nous avons pris les précautions nécessaires (2).

Nos mesures peuvent se résumer comme suit ;

1° Pour des tubes de $3^{mm},5$ de diamètre et 100^{mm} de longueur (densité de courant de l'ordre de 15000 A/cm^2), le spectre continu est encore intense. On constate une invariance avec la pression si celle-ci n'est pas trop faible (supérieure à 3 Torr). La répartition de l'énergie est la même pour les différents gaz (He, Ar, Kr, Xe, H_2) avec des écarts de $\pm$ 10 %, mais l'intensité absolue du

(4) Cl. Duval et J. Lecomte, *Bull. Soc. Chim.*, **12**, 1945, p. 678.

(1) H. Muraour, J. Romand et B. Vodar, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 620.

(2) J. Romand, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 35.

rayonnement change un peu avec la nature du gaz. La répartition trouvée est la même que celle obtenue avec des tubes de 1mm et signalée précédemment (1).

2° Pour des tubes de 1mm de diamètre et 300mm de longueur, le spectre continu, encore intense dans la région du proche ultraviolet, est limité du côté des courtes longueurs d'onde. L'effet de pression est notable et les différences d'émission entre les gaz, importantes. Les gaz rares (Kr, Xe, Ar) forment un groupe à part donnant un spectre continu 5 à 7 fois plus intense que les gaz ordinaires (N_2, H_2).

3° Nous avons monté en série dans la même lampe deux tubes de 2mm de diamètre, l'un de 10mm de longueur, l'autre de 100mm, observés en bout. Dans les mêmes conditions, on constate pour les faibles densités de courant une différence notable entre les spectres obtenus, le continu le plus intense étant évidemment celui du tube le plus long. Cette différence diminue à mesure que la densité de courant augmente, ce qui montre que la réabsorption devient de en plus en plus importante

4° L'observation des conditions électriques de la décharge nous a montré que le courant était le même, à quelques % près, quelles que soient la pression et la nature du gaz, pour les densités de courant supérieures à 10 000 A/cm^2 (tubes de 1 et 3mm,5). Ceci confirme l'hypothèse que nous avions faite précédemment (1) : l'émission du spectre continu étant due aux interactions des ions et des électrons ne doit dépendre que du nombre de ceux-ci, c'est-à-dire des conditions électriques de la décharge, à condition que, ni la pression, ni la densité de courant ne soient trop faibles, ce qui modifierait le mécanisme même de l'émission.

Le fait que les gaz rares, dans les décharges les moins condensées (tubes de 10mm de diamètre), émettent un spectre continu particulièrement intense, est à rapprocher des résultats analogues trouvés par M. Laporte (3) dans le cas de décharges encore moins puissantes, et par B. Vogel (4) et Mme R. Herman (5) dans les décharges non condensées. Dans ce dernier cas l'origine du spectre doit être moléculaire (5). Nous pensons donc que nos décharges les moins condensées représentent le stade intermédiaire entre l'émission de freinage et l'émission moléculaire qui y seraient coexistantes.

Un autre cas intéressant de décharge où la densité de courant n'est généralement pas très élevée est l'étincelle ordinaire. On sait que l'étincelle émet toujours un certain fond continu, mais que celui-ci est faible; cela est dû à ce que le canal de la décharge augmente de section quand la densité électrique atteint une certaine limite (6). Pour obtenir donc un fond continu intense dans

(3) *J. Phys.*, 9, 1938, p. 228.

(4) *Ann. Phys.*, Leipzig, 41, 1942, p. 196.

(5) *J. Phys.*, 6, 1945, p. 33 S.

(6) C. Mandelschtam, *Introduction à l'Analyse spectrale*, Moscou, 1946.

le cas d'une étincelle non canalisée par un capillaire, il faut augmenter la pression du gaz qui s'oppose alors à l'élargissement du canal (7). On peut également, dans le même but, réduire l'écartement des électrodes tout en gardant le même potentiel de décharge grâce à un éclateur en série; l'étincelle, à énergie égale, est alors de volume plus faible et l'émission lumineuse présente un fond continu plus intense.

Rappelons également que le freinage électronique intervient certainement dans l'émission lumineuse des fils exposés de J. A. Anderson (8); le mécanisme moléculaire, discuté par M. Vaudet (9), est peu vraisemblable, étant donné les fortes énergies d'excitation mises en jeu.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'échange dans les systèmes binaires et ternaire : periodate-iodate-iode.* Note de MM. **Maurice Cottin** et **Moïse Haïssinsky**, présentée par M. Frédéric Joliot.

De nombreux anions oxygénés inorganiques échangent leur oxygène avec H_2O; d'autres ne le font pas. On ne connaît, d'autre part, qu'un seul couple d'anions oxygénés ayant le même atome central, qui échangent celui-ci en solution aqueuse, et encore cet échange n'a lieu qu'en présence de l'iode agissant comme catalyseur; c'est le cas arséniate/arsénite (1). Or les mesures de Loimaranta (2) ont montré que le potentiel, irréversible, de l'électrode AsO_4^{---}/AsO_3^{---} devient réversible en présence d'iode. Bien que l'échange entre atomes identiques (ou isotopiques) dans un système de deux configurations moléculaires ne semble pas nécessairement lié à la réversibilité du potentiel rédox du système (3), on pouvait se demander si les iodates n'échangent pas leur iode avec les periodates; en effet, d'après les mesures d'Abel et Smetana (4), le potentiel de ce système est réversible tout en s'établissant lentement. Nos expériences donnent une réponse affirmative à cette question.

Nous avons préparé l'iodate de sodium radioactif par oxydation du radioiode (de 23 minutes ou de 8 jours) avec HNO_3 fumant et transformation des cristaux de HIO_3 ainsi obtenus en $NaIO_3$. Environ 300^{mg} de ce produit ont été

(7) W. Finkelnburg, *Z. Physik*, 70, 1931, p. 375.

(8) *Astrophys. J.*, 51, 1920, p. 37.

(9) *Annales de Physique*, 9, 1938, p. 645.

(1) Wilson et Dickinson, *J. amer. chem. Soc.*, 59, 1937, p. 1358.

(2) *Zeit. Elektroch.*, 13, 1907, p. 33.

(3) Le potentiel de l'électrode $Fe(CN)_6^{---}/Fe(CN)_6^{----}$ est réversible; il n'y a cependant pas d'échange de Fe dans ce système (Ruben, Seaborg et Kennedy, *J. appl. Physics*, 12, 1941, p. 308).

(4) *Monats. Chem.*, 60, 1932, p. 81.

ensuite dissous dans 50$^{cm^3}$ de HNO_3 0,02 N contenant la même quantité de $NaIO_4$ et maintenus à une température constante pendant un temps déterminé. Le periodate a été ensuite séparé par la méthode de E. Kahane ([5]) : précipitation à l'ébullition par l'acétate de Zn en solution ammoniacale contenant NH_4Cl. L'iodate reste en solution et est précipité ensuite par l'acétate de Ba. Les activités des deux produits, lavés et séchés, sont mesurés à l'aide d'un compteur de Geiger et Müller par la méthode de *couches épaisses* ([6]). Un échange non négligeable a lieu pendant les opérations de séparation. Il a été déterminé dans une expérience à part (7 %) et soustrait du pourcentage de l'échange trouvé dans chaque essai. Quelques-uns des résultats ainsi corrigés sont donnés ci-après :

T (°C.).	Durée.	% d'échange ([7]).	
18.......	67 heures	35	agitation périodique par un courant d'air
18.......	138 »	46	id.
85.......	2,5 »	20	agitation mécanique
100.......	1 »	14	–

On a donc un échange lent qui semble augmenter avec la température.

Cette réaction d'échange est considérablement catalysée par l'iode, comme le montrent les expériences suivantes effectuées en présence de quelques milligrammes d'iode; les solutions étaient agitées et la durée de chaque essai était ici d'une heure :

	20°.	46°,8.	76°,6.	100°.
% d'échange............	22	30	45	76

D'autres catalyseurs d'oxydo-réduction, tels que le nitrate de cérium et le perrhénate de K n'ont pas d'action sur la vitesse de l'échange ou exercent, peut-être même, un effet inhibiteur :

$Ce(NO_3)_3$................	18°	66 heures	14 %
$KReO_4$................	100°	1 »	11 »

La forte action catalytique de l'iode implique l'existence d'un échange dans les systèmes IO_3^-/I_2 et IO_4^-/I_2. Nous l'avons prouvé directement par les expériences suivantes effectuées avec 500$^{cm^3}$ de HNO_3 0,5 N contenant 50^{mg} d'iode et une quantité équivalente de $NaIO_3$ ou $NaIO_4$. Après une durée de 40 heures à la température ordinaire et 35 minutes à l'ébulition (temps nécessaire pour chasser l'iode de la solution), l'échange était pratiquement total dans les deux cas.

([5]) *Bull. Soc. chim. France* (sous presse).

([6]) Haïssinsky et B. Pulmann, *J. de Physique* (sous presse).

([7]) 100 % correspondent à un échange total.

L'échange IO_3^-/I_2 a été étudié par divers auteurs qui ont abouti à des conclusions contradictoires ([8]). Nos expériences montrent que, tout moins en solution acide, l'iode échange avec l'iodate.

Nous poursuivons l'étude cinétique de ces réactions afin d'éclaircir le mécanisme de l'échange.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Absorptions comparées de la chloropicrine et du sulfure de carbone par le charbon activé.* Note ([1]) de M. **Clément Courty**, présentée par M. Paul Pascal.

Le phénomène de l'absorption de la chloropicrine et du sulfure de carbone par le charbon activé varie beaucoup quand on passe du premier au second de ces composés, car, presque toujours, le charbon utilisé, même desséché à l'étuve à 110° C. jusqu'à poids constant, garde un résidu d'eau fortement fixée; or, la chloropicrine, ou trichloro-nitro-méthane, déplace cette eau résiduelle, alors que le sulfure de carbone ne la déplace pas.

J'ai essayé de montrer ces modes différents d'absorption au moyen des mesures magnétiques que j'ai déjà utilisées pour l'étude de la pénétration de l'eau dans ces mêmes charbons ([2]).

Le coefficient d'aimantation du sulfure de carbone pur est bien connu, je l'ai déterminé voici dix ans ([3]); il vaut $10^6\chi = -0{,}563$, mais celui de la chloropicrine restait à mesurer.

Mesure du coefficient d'aimantation de la chloropicrine. — Un échantillon pur de densité $D_8^{18} = 1{,}670$ m'a donné $10^6\chi = -0{,}397$ à 0,5 % près, soit pour le coefficient moléculaire, $10^6\chi_M = -65{,}29$.

L'addivité à partir des éléments donnerait $-75{,}38$; il y a donc un écart ($10^6\chi_M$ calculé $- 10^6\chi_M$ mesuré $= 10{,}99$) du même ordre que celui qui existe entre les valeurs calculée et mesurée pour les mêmes constantes du chloroforme, soit par P. Pascal ([4]), 10,95, soit par moi-même ([5]), 11,18, mais légèrement inférieur.

Il est probable, pour ces raisons, que les constitutions de CCl_3NO_2 et CCl_3H sont les mêmes, mais NO_2 contre-balance la dépréciation du diamagnétisme

([8]) Hull, Shifflett et Lind, *J. amer. chem. Sec.*, 58, 1936, p. 535; Libby, *ibid.*, 62, 1940, p. 1930; Ruben, Seaborg et Kennedy, *loc. cit.*; Polessitsky, *C. R. Acad. Sc., U. R. S. S.*, 24, 1939, p. 560.

([1]) Séance du 2 juin 1947.

([2]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 880 et 1385.

([3]) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1248.

([4]) *Comptes rendus*, **152**, 1911, pp. 862 et 1010.

([5]) C. Courty, *Thèse sciences*, Paris, 1935.

accusée par les trois atomes de chlore dans le chloroforme, et c'est pour cela que l'écart ci-dessus est plus petit.

La comparaison avec le tétrachlorure de carbone aurait moins de sens, car, pour ce composé, les quatre atomes de chlore apportent une telle dépréciation au diamagnétisme que l'écart entre le coefficient moléculaire calculé et le coefficient mesuré est de l'ordre de 20.10^{-6}.

Application à l'absorption. — Les expériences ont porté sur huit échantillons de charbons de même origine, qui, à la température ordinaire, fixaient en moyenne $0^{g},48$ d'eau, $0^{g},60$ de chloropicrine, $0^{g},73$ de sulfure de carbone.

Les mesures ont montré que l'eau se fixait en déplaçant toujours de l'air, que la chloropicrine se fixait en absorbant de l'air, le sulfure de carbone se comportant comme l'eau.

Cette absorption d'air pendant la fixation de la chloropicrine n'est qu'apparente. En fait la chloropicrine, de coefficient $-0,397.10^{-6}$, déplace l'eau, de coefficient $-0,72.10^{-6}$, et cette diminution du diamagnétisme ne doit pas être attribuée à une absorption d'air paramagnétique, mais à un déplacement d'eau par la chloropicrine.

Voici, du reste, d'après les mesures magnétiques combinées aux pesées, les masses apparentes Δm, puis réelles μ, de liquides absorbés par gramme de charbon, et les masses d'air μ_0 supposées déplacées par le liquide absorbé; μ_0 négatif correspond à une absorption apparente d'air. Toutes les masses sont en grammes. Les absorptions ont été faites en atmosphère saturée en absorbé, sauf dans le cas de l'eau, où nous avons opéré au degré hygrométrique 90.

Nos des charbons.	Absorption d'eau.			Absorption de chloropicrine.			Nos des charbons.	Absorption de sulfure de carbone.		
	$10^4 \Delta m$.	$10^4 \mu$.	$10^4 \mu_0$.	$10^4 \Delta m$.	$10^4 \mu$.	$10^4 \mu_0$.		$10^4 \Delta m$.	$10^4 \mu$.	$10^4 \mu_0$.
1....	4752	4828	76	6531	6519	− 12	5....	7320	7407	− 87
2....	4877	4947	70	6473	6353	−120	6....	7078	7078	0
3....	4733	4767	34	5467	5538	71	7....	7735	7221	− 14
4....	4696	4944	248	6207	5783	−624	8....	7060	7151	91

Il n'a pas été possible, et c'est grand dommage, de faire toutes ces mesures sur un même échantillon de charbon, ce qui les aurait rendues encore plus comparables. S'il est relativement facile de dessécher un charbon activé, il est plus ardu de lui enlever la chloropicrine qu'il a fixée, et rien ne prouve, du reste, que cela étant réalisé, le charbon retrouverait après départ du trichloronitrométhane ses propriétés initiales, alors que le départ d'eau laisse au charbon ses propriétés premières. C'est pourquoi les absorptions d'eau et de chloropicrine ont été faites sur un même charbon, en terminant par CCl_3NO_2, alors que pour le sulfure de carbone il a fallu utiliser d'autres échantillons, heureusement du même lot.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les nickelocyanures de glucinium, zinc, cadmium, gallium, thallium et néodyme.* Note [1] de MM. T. **Karantassis** et P. **Sakellarides**.

Les nickelocyanures préparés par nous répondent à la formule $[Ni(CN)_4]Me$ avec 1, 2, 5 molécules d'eau, pour le Gl, Zn et Cd, à la formule $[Ni(CN)_4]_3Me_2$ avec 6 et 7 molécules d'eau, pour le Ga et le Nd, et à la formule $[Ni(CN)_4]Tl_2$ pour le thallium.

Nickelocyanure de glucinium. — En mélangeant les solutions aqueuses de $[Ni(CN_4)]K_2$ et de Cl_2Gl, on obtient, au bout d'un certain temps, un précipité gris, qui, exposé à l'air, devient violacé; ce précipité est peu soluble dans l'eau.

A l'analyse ce sel correspond à la formule $[Ni(CN)_4]Gl.2OH_2$.

%.	Trouvé.	Calculé.
Gl	5,07	5,20
Ni	34,01	34,17
OH_2	16,07	16,05

La conductibilité de sa solution aqueuse saturée à 20° est égale à $75{,}6.10^{-6}\Omega^{-1}cm^{-1}$.

Nickelocyanure de zinc. — En opérant de la même manière avec Cl_2Zn, nous avons obtenu un précipité cristallin blanc, légèrement rosé, peu soluble dans l'eau.

A l'analyse, ce sel correspond à la formule $[Ni(CN)_4]Zn.OH_2$.

%.	Trouvé.	Calculé.
Zn	28,27	28,69
Ni	25,60	25,74
OH_2	6,42	6,93

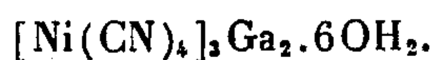
Nickelocyanure de cadmium. — Avec des solutions aqueuses de SO_4Cd et de $[Ni(Cn)_4]K_2$, on obtient un précipité cristallin blanc, légèrement rosé, peu soluble dans l'eau.

A l'analyse, ce sel correspond à la formule $[Ni(CN)_4Cd.5OH_2$.

%.	Trouvé.	Calculé.
Cd	40,32	40,86
Ni	21,22	21,30
OH_2	23,59	23,61

Nickelocyanure de gallium. — En faisant agir une solution de $(SO_4)_3Ga_2$ sur une solution de $[Ni(CN)_4]K_2$, on obtient un précipité gris bleuâtre peu soluble dans l'eau.

A l'analyse ce sel correspond à la formule



$$[Ni(CN)_4]_3Ga_2.6OH_2.$$

(1) Séance du 12 mai 1947.

%.	Trouvé.	Calculé.
Ga	21,58	22,22
Ni	27,68	28,05
OH_2	14,58	14,68

Nickelocyanure de thallium. — Avec des solutions aqueuses de CO_3Tl_2 et de $[Ni(CN)_4]K_2$, on obtient un précipité cristallin orangé, soluble dans l'eau.

Suivant le pH de la solution, on obtient deux formes de cristaux, une forme en aiguilles orangées, et une autre tabulaire, comme on voit dans les microphotographies.

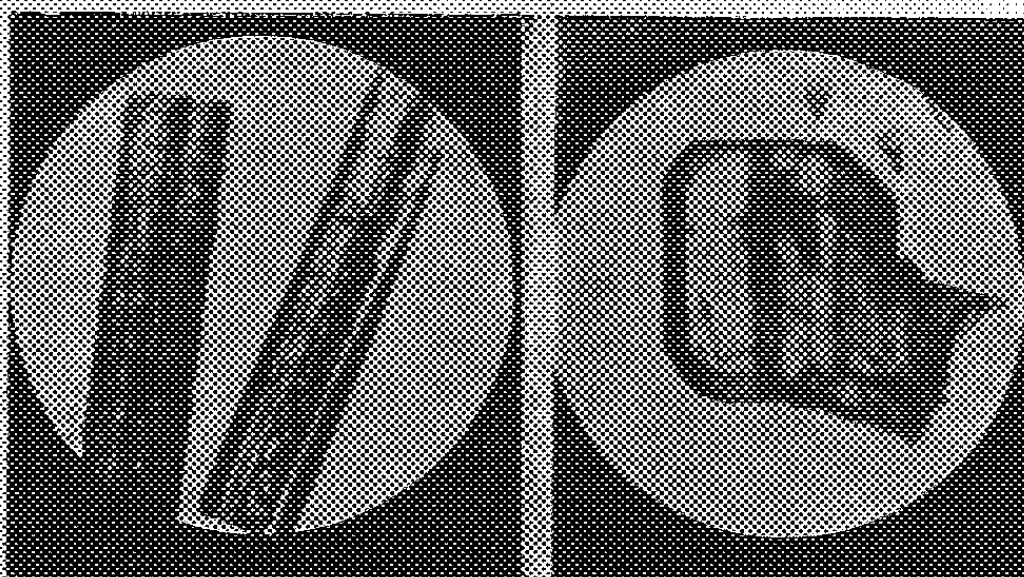


Fig. 1. Cristaux prismatiques (1 × 70). — Fig. 2. Cristaux tabulaires (1 × 70).

A l'analyse les deux formes répondent à la formule $[Ni(CN)_4]Tl_2$.

%.	Trouvé.	Calculé.
Tl	71,23	71,53
Ni	10,15	10,26

Les solutions aqueuses de $[Ni(CN)_4]Tl_2$ donnent toutes les réactions caractéristiques de thallium (Tl^+).

Pour la forme en aiguilles, la conductibilité de sa solution aqueuse saturée à 20° est égale à $2,94.10^{-3}\,\Omega^{-1}\,cm^{-1}$ et le pH égal à 9,8.

Pour la forme tabulaire, la conductibilité de sa solution aqueuse, saturée à 20°, est égale à $6,7.10^{-3}\,\Omega^{-1}\,cm^{-1}$, le pH égal à 8,4.

Les deux formes sont du système triclinique.

Nickelocyanure de néodyme. — En opérant de la même manière avec une solution de $(SO_4)_3Nd_2$, on obtient un précipité cristallin violet peu soluble dans l'eau.

A l'analyse, ce sel répond à la formule $[Ni(CN)_4]_3Nd_2 7OH_2$.

%.	Trouvé.	Calculé.
Nd	37,11	37,15
Ni	22,13	22,30
OH_2	20,63	20,87

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction de l'oxyde titanique par le calcium et par le magnésium.* Note ([1]) de MM. André Chrétien et Robert Wyss, présentée par M. Paul Lebeau.

La réduction est suivie indirectement par l'augmentation de poids du produit obtenu dans des conditions données — température notamment — en le chauffant après réduction dans un courant d'oxygène à 900°. Entre temps le métal réducteur restant libre et son oxyde formé ont été éliminés par épuisement à l'acide acétique. L'augmentation de poids ainsi obtenue est égale à la perte d'oxygène pendant le stade réduction. La courbe oxygène perdu-température traduit la marche de la réduction et fixe la nature de son produit. Cette méthode des plus simples et facilement réalisable est cependant sûre.

On utilise des mélanges d'oxyde titanique et de métal divisé moulés en pastilles par compression à 5 t/cm² (calcium en fines râpures et magnésium en poudre). Le domaine de température exploré est limité à 1200° et la durée de chauffe à 2 heures. L'oxyde titanique est le produit de précipitation par l'ammoniaque dilué du tétrachlorure Cl_4Ti soigneusement purifié. La réduction est faite dans le vide.

Voici nos conclusions :

1° Les deux métaux se différencient par le terme de la réduction et par la nature de ses produits. Avec le calcium, la réduction va jusqu'au titane sans manifester de produit intermédiaire. Avec le magnésium, la réduction se limite à l'oxyde de titane II, TiO, après passage par l'oxyde Ti^3O^4. Ces résultats sont recoupés par l'analyse aux rayons X.

2° Les phénomènes restent inchangés, que l'on opère par élévation brutale de la température ou par chauffe progressive (100° par heure) avec le calcium. Par contre, le produit de réduction contient du titanate 1/1 : TiO^2MgO, en petite quantité si le mélange d'oxyde titanique et de magnésium est chauffé brutalement. Ce titanate apparaît en paillettes claires sur la masse foncée; il est séparable par tamisage.

3° L'oxyde TiO, qui est marron foncé, fixe l'oxygène à partir de 150° pour aboutir à l'oxyde TiO^2 dès 350°. Consécutivement le produit devient violet foncé de (150° à 250°), bleu foncé (de 250° à 350°), puis blanc (à partir de 350°).

Les colorations intermédiaires correspondent à deux étapes que l'on peut isoler : Ti^2O^3 et Ti^3O^5.

4° La courbe de réduction par le magnésium (*fig.* 1) est reproductible en variant les conditions expérimentales. L'oxyde intermédiaire Ti^3O^4 qui apparaît n'est marqué que par un court palier de poids : une centaine de degrés au plus avec les vitesses de chauffe utilisées.

La courbe de réduction par le calcium (*fig.* 2) présente vers la fin une perte de poids ralentie d'un caractère bien différent à celui du palier obtenu avec le

([1]) Séance du 28 mai 1947.

magnésium. Ici, température et position du phénomène ne restent pas fixes quand les conditions expérimentales varient (vitesse de chauffe et composition initiale du mélange notamment). De plus, après lavage du produit de réduction

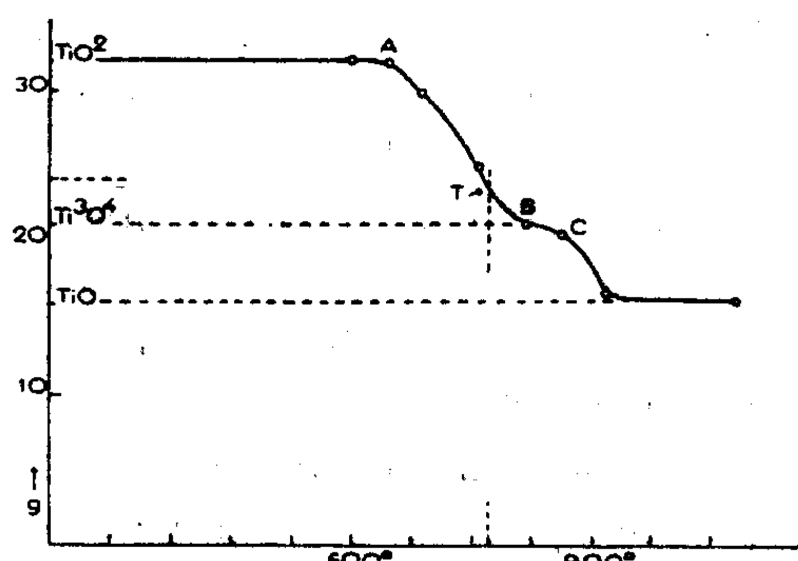


Fig. 1.

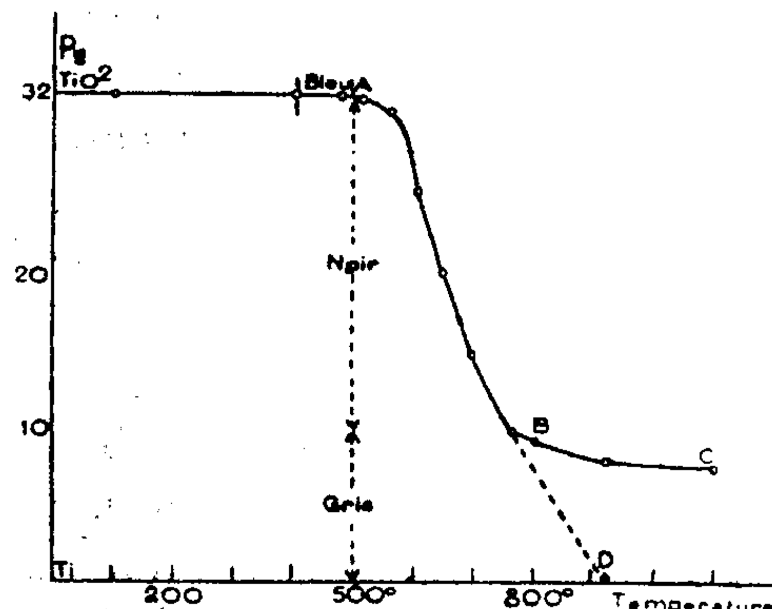


Fig. 2.

à l'acide acétique, une nouvelle addition de calcium continue la réduction qui aboutit au titane; le point correspondant (D) est situé sur la courbe de première réduction.

Aucune limite définie de réduction n'est donc donnée par le calcium, le palier BC n'étant pas réel. Le phénomène est dû à un enrobage du calcium par la chaux formée.

Au total, l'intervalle de température dans lequel s'observe la réduction de l'oxyde TiO_2 est sensiblement le même pour le calcium et le magnésium. Mais la réduction commence nettement plus bas avec le calcium : 500° au lieu de 575°, et elle s'avance jusqu'au titane au lieu que de se limiter au départ de la moitié de l'oxygène, comme oxyde TiO. Le magnésium est donc un réducteur de l'oxyde TiO_2 plus doux que le calcium. Il est plus actif que l'hydrogène pour lequel nous confirmons comme terme de réduction l'oxyde Ti_3O_5 (²) (rapport atomique O/Ti = 1,67, au lieu de 1,30 pour Ti_2O_3, 1,33 pour Ti_3O_4 et 1 pour TiO).

Les deux chemins inverses : réduction de l'oxyde TiO_2 et oxydation du produit réduit, donnent des étapes différentes : Ti_3O_4, ou Ti_2O_3 et Ti_3O_5, respectivement.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la différence de comportement des carbures aromatiques et hydroaromatiques dans l'entraînement des polyols.* Note (¹) de Mme **Gabrielle Métayer**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons précédemment (²) exposé le principe d'une nouvelle méthode de

(²) M. Billy, *Ann. Chim. Phys.*, 9, 1921, p. 16.

(¹) Séance du 2 juin 1947.

(²) L. Palfray, S. Sabetay et Mlle Gabrielle Libmann, *Comptes rendus*, 223, 1946, pp. 247-249.

séparation et de dosage des polyols, soit seuls, soit faisant partie de mélanges plus ou moins complexes, au moyen d'entraîneurs sélectifs.

Par un perfectionnement de notre appareillage : emploi de rodages évitant les pertes et les causes d'incendie et de colonnes interchangeables permettant une séparation plus sélective des polyols à points d'ébullition voisins, ainsi que d'un tube latéral gradué au vingtième de centimètre cube, nous avons réussi à séparer et à doser :

a. L'éthylèneglycol, le propylèneglycol et le triméthylèneglycol par entraînement au cyclohexane;

b. Le diéthylèneglycol et le glycérol par entraînement à la térébenthine;

c. Les hexols et les sucres s'obtiennent par différence.

Depuis, nous avons expérimenté le méthylcyclohexane; celui-ci s'est avéré meilleur entraîneur que le cyclohexane. Il entraîne quantitativement le glycol, le propylèneglycol, le triméthylèneglycol, partiellement le diéthylèneglycol et, à la longue, de faibles quantités de glycérol. Il peut ainsi trouver une application dans la séparation des traces de triméthylèneglycol contenues dans les glycérines à dynamite.

Le diméthylèneglycol entraîne tous les polyols cités.

Nous avons pu constater une variation intéressante des propriétés de tous ces carbures au point de vue de l'entraînement des polyols, ainsi dans les deux séries suivantes :

a. le cyclohexane est meilleur entraîneur que le benzène;

b. le méthylcyclohexane est meilleur entraîneur que le toluène;

c. le diméthylcyclohexane est meilleur entraîneur que le xylène.

D'autre part, dans chaque série, le carbure à plus haut point d'ébullition se révèle évidemment meilleur entraîneur que celui à point d'ébullition inférieur, mais, en comparant les deux séries on a pu constater que le cyclohexane (É 80°,5) est meilleur entraîneur que le xylène (É 140°) par exemple.

Ainsi, la propriété d'être ou de ne pas être entraîneur de polyols et peut-être d'autres corps, ne dépend pas seulement du point d'ébullition de la substance, mais surtout de la structure chimique de la molécule. Il est remarquable de constater ici la propriété qu'acquièrent les carbures aromatiques lorsqu'on les hydrogène. Il ne semble pas, à notre avis, qu'une telle remarque ait été déjà faite.

C'est en application de ces faits que nous avons étudié le comportement de la tétraline et de son homologue hydrogéné : la décaline. Le décahydronaphtalène s'est avéré bien supérieur au tétrahydronaphtalène. Si ces deux carbures entraînent tous les polyols déjà cités, la décaline le fait cinq à six fois plus rapidement.

Grâce à la décaline, que nous avons remarqué être meilleur entraîneur que l'essence de térébenthine ([2]), nous avons pu réaliser le dosage de l'eau et du glycérol par notre méthode, avec des résultats dont la précision est de l'ordre de 1 %.

On procède comme avec la térébenthine. On porte à l'ébullition 2 à 5^g du produit à analyser dans l'appareil de *Dean et Stark* avec 80 à 100^{cm^3} de décaline. L'eau et le glycérol sont entraînés intégralement, ils s'accumulent au bas du tube latéral; on lit le volume, puis on recueille le mélange dont on prend l'indice de réfraction. En consultant la table d'indices et densités d'un mélange hydroglycérolé, en fonction de la teneur en glycérol, on obtient les quantités respectives d'eau et de glycérol.

De même, nous avons obtenu des résultats satisfaisants dans le dosage de l'eau et du diéthylèneglycol.

De très bons résultats ont été obtenus avec des excipients contenant de l'eau, de la stéarine partiellement saponifiée et 4,1, 4,45 et 21,6 % de glycérol, de même qu'avec des mélanges renfermant 34,4 et 37 % de diéthylèneglycol.

Nous avons pu aussi séparer des sucres et doser des mélanges renfermant jusqu'à 5 polyols; les sucres restent dans le ballon.

Ainsi, le procédé de dosage que nous préconisons est précis, rapide et sélectif. Quant à la constatation que nous avons faite sur la structure des carbures et sur leur propriété d'entraîner plus ou moins facilement les polyols, nous espérons pouvoir l'étendre à d'autres groupes de carbures aromatiques et cyclaniques. Une application intéressante serait la séparation du triméthylèneglycol de l'éthylèneglycol au moyen d'un entraîneur approprié.

En résumé, nous avons trouvé une nouvelle relation entre la structure chimique de divers carbures et leur comportement à l'égard des polyols étudiés. Nous en avons fait une application au dosage de ces polyols par une méthode simple et rapide.

GÉOLOGIE. — *Le Quaternaire des environs de Rabat et l'âge de l'Homme de Rabat.* Note de MM. **Georges Choubert** et **Jean Marçais**, présentée par M. Charles Jacob.

H. Vallois a souligné (1) l'intérêt anthropologique de restes néanderthaloïdes signalés par l'un d'entre nous en 1933 (2). Le gisement a été depuis étudié par R. Neuville et A. Ruhlmann (3), et, récapitulant récemment ses études sur le Quaternaire marocain, J. Bourcart (4) a en particulier exposé ses conceptions sur la stratigraphie des environs de Rabat. Nous nous bornerons aujourd'hui à communiquer le résultat de nos observations sur la côte depuis les carrières de Khebibat au Sud-Ouest jusqu'à la colline de Chellah.

Sur le littoral on reconnaît de bas en haut :

---

(1) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 669.
(2) J. Marçais, *L'Anthropologie*, **44**, 1934, p. 579.
(3) *Bull. Soc. Anthropologie*, Paris, série IX, 3, 1942, p. 74.
(4) *Revue Scientifique*, n° **3224**, 1943, pp. 311-336.

I. Les grès inférieurs, formation à Littorines, paraissant ici uniquement marins et débutant par un conglomérat de base presque toujours au-dessous du niveau actuel des basses mers.

II. Ravinant une surface fossile à lapiaz établie sur la formation précédente, les grès dits de *la Grande Dune* (8 à 10^m d'épaisseur), comportent à leur base un niveau de poudingue à petits éléments et de lumachelles contenant déjà des Pourpres de petite taille. C'est le niveau qui a fourni, au milieu de la dune, le crâne de l'Homme de Rabat avec une faune assez abondante à Éléphant antique.

III. Un niveau constant de limons ou grès, rouges, fins (sol ancien, *Marnes de Temara* de J. Bourcart) couvrant la surface érodée de la formation précédente. Nous avons retrouvé cette formation avec une vaste extension longitudinale de Temara à la frontière espagnole au Nord. Au-dessus se développent les grès de la *Petite Dune* (2 à 3^m) à *Helix*. Aussi bien ce niveau rouge que les grès de la petite dune peuvent être recouverts par la croûte dite acheuléenne. En face de l'hôpital Marie-Feuillet, à 18^m d'altitude, une *lumachelle s'insère à la base des grès de la petite dune sur ces limons roses durcis encroûtés.*

IV. Les limons rouges superficiels, jamais encroûtés, répandus dans toute la zone côtière avec une industrie du Micoquien ([5]) ou levalloiso-moustiérienne. Ils moulent et masquent la topographie antérieure remplissant les anciens vallons côtiers (Khebibat). En contrebas de la rue du Commandant-Bourguignon, les limons rouges supérieurs à ossements, localement durcis, comportent à leur base une lumachelle à *Purpurea hemastoma* de grande taille. Ils remplissent là les lapiaz de la surface de la Grande Dune et recouvrent les grès roses (III) encroûtés qui la surmontent.

Vers les Oudaïas, les Grès inférieurs et la base de la Grande Dune plongent sous le niveau de la mer, pour réapparaître dans la rampe du port et sur la route de Salé. Les complexes I, II et III y comportent chacun un puissant conglomérat (plusieurs mètres) représentant des dépôts deltaïques du Bou Regreg ancien. Le conglomérat de base de la Grande Dune est particulièrement remarquable. Celui de la série inférieure repose sur les argiles néogènes claires, parfois remaniées sur deux ou trois mètres. En amont, la séparation des trois premiers niveaux est moins aisée, les complexes successifs se ravinant et même se supprimant complètement les uns les autres. Chaque complexe de la falaise du Bou Regreg peut se terminer par des argiles jaunes ou des limons rouges. Comme sur la côte, les limons rouges supérieurs avec des cailloutis de base remplissent une ancienne topographie fossilisée par la croûte avec une quarantaine de mètres de cailloutis rubéfiés (ancien vallon de Chellah).

Il est encore difficile de préciser l'extension de ces dépôts vers l'intérieur. Ceux de la Grande Dune paraissent quitter le haut de la falaise pour former à

([5]) R. Neuville et A. Ruhlmann, *Coll. Hesperis*, Mém. n° VIII, 1941.

l'amont un replat de 60m. Les restes de cette terrasse de 55-60m sont bien connus dans la vallée du Bou Regreg. Les restes de la terrasse de 25-35m sont par contre mal conservés dans le bas Bou Regreg. Enfin la terrasse rouge (12-15m), qu'on retrouve déjà près de Robinson, est très développée sur la route de Douar Arrib ([6]).

En gardant aux dénominations des différents cycles la valeur que leur attribuent Neuville et Ruhlman et plus récemment Breuil et Sbyzewski ([7]), ces observations permettent d'attribuer les grès inférieurs au cycle sicilien; la Grande Dune au cycle milazzien (terrasses + 55-60), la Petite Dune et la croûte calcaire au Tyrrhénien (+ 25 à + 30); les limons rouges au Grimaldien (= ancien Monastirien-Normanien = + 12-15). La plaine alluviale du Bou Regreg (+ 3 à + 5) correspondrait donc à la transgression flandrienne. Le parallélisme admis ici, entre la classification générale du Quaternaire et celle des formations locales, n'a évidemment qu'une valeur toute relative. Les différentes altitudes ne sont données en particulier qu'à titre d'indication des maxima reconnus. Sur la côte même, c'est la superposition des dépôts de chaque cycle que nous avons observée.

Ces observations conduisent à attribuer à l'Homme de Rabat, comme l'a noté l'un d'entre nous ([8]), un âge plus ancien (antétyrrhénien) qu'on ne l'a fait jusqu'ici ([3]). Cette position stratigraphique envisagée, mais repoussée par J. Bourcart ([4]), nous paraît très vraisemblable et en accord avec les caractères anatomiques très primitifs des restes recueillis.

GÉOLOGIE. — *Découverte d'un affleurement de Lutétien inférieur à Anglet (Basses-Pyrénées).* Note de MM. **Jean Cuvillier** et **Jacques Dupouy-Camet**, présentée par M. Charles Jacob.

La Feuille de Bayonne au 80000e de la carte géologique de France (dernière édition en 1935) indique, sur le territoire de la commune d'Anglet, à 3km,6 au sud-ouest de Bayonne, un affleurement elliptique d'ophite dont le grand axe orienté N-S a 1km,2 de long et le petit axe, 0km,6 environ. Ce massif, fort bien décrit par J. Seunes ([1]), qui y avait en particulier signalé les argiles bariolées du Trias avec bancs de gypse *anciennement exploité aux environs de la maison Labordette*, est coupé sur son bord sud par la voie ferrée de Bayonne à Hendaye. Cette coupure, qui correspond à la vallée du ruisseau de l'Arritzaque et qui se poursuit par l'étang de Brindos, le lac de Mouriscot et la plage de Mou-

([6]) P. Russo, *Ann. Géogr.*, LIII-LIV, 1945, p. 112.

([7]) H. Breuil, M. Vaultier et G. Sbyzewski, *Bull. Soc. Préhist. Fr.*, 39, 1942, p. 93.

([8]) G. Choubert, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, 15, 1945, fasc. 9, p. 749.

([1]) *Recherches géologiques sur les terrains secondaires et l'Éocène inférieur de la région sous-pyrénéenne du Sud-Ouest de la France.* Thèse, Paris, 1890.

ligna au sud de Biarritz, nous montre, ainsi que dans le chemin dit *du moulin*, parallèle à la voie ferrée, de gros blocs d'ophite, plus ou moins altérée, enrobés dans une terre de décomposition, argilosableuse rougeâtre. Sur le flanc sud de cette intrusion triasique, une vaste zone d'Albien s'étend jusqu'aux massifs triasiques de Bassussarry (lequel relève en outre sur son flanc nord un copeau de Maëstrichtien) et de Villefranque, sur la rive droite de la Nive. Deux petits affleurements marqués sur la carte géologique au sud de Laduch et au nord de Camin ne donnent qu'une idée imparfaite de l'étendue de ce copeau qui affleure en outre largement dans les fossés des routes de Bayonne à Cambo et de Bayonne à Arcangues.

Sur le flanc ouest de cet accident ophitique, à 100^m au nord de la voie ferrée et à 500^m à l'est de *petit Cazenave*, une marnière, ouverte depuis 1928 environ dans une marne argileuse gris bleu à microfaune, est séparée de l'ophite par des argiles bariolées triasiques marron chocolat, blanc, gris noir, très pyriteuses à rognons d'ophite et bancs de gypse et d'anhydrite. Cet affleurement, dit *marnière de Brindos* ou *de la Négresse*, exploité pour la fabrication des tuiles, montre 5 à 6^m de marne bleue surmontée d'argile lacustre, jaune, azoïque, du Mio-Pliocène continental, lui-même couronné par les argiles à galets et les cailloutis pyrénéens des terrasses fluviatiles. Aucun pendage ne put être mesuré dans cette marne compacte, formant vraisemblablement un copeau redressé sur le flanc occidental du massif ophitique par la montée diapire du Trias. Aucun macrofossile n'y fut récolté. Les résidus de lavage, par contre, se montrent formés de débris marneux compacts, de spicules, d'Ostracodes et d'une microfaune extrêmement variée et abondante.

Les espèces suivantes, parmi les Foraminifères les plus fréquents, ont été déterminées avec la collaboration de V. Szakall : *Textularia mexicana* Cush., *T. aragonensis* Nutt., *T. stricta* Cush., *Dorothia bulleta* Cars., *Gaudryina colei* Nutt., *Verneuilina villarensis* Cush., *Saracenaria italia* Defr., *Marginulina fragaria* Gümb., *M. senni* Reuss., *Robulus rotulatus* Lmk., *Ramulina* sp., *Dentalina* sp., *Pulvinulinella culter* Park. and Jones, *Gyroidina florealis* White, *Valvulineria jacksonensis* Cush., *Gyroidina depressa* Alth., *Globigerina coccenica* Gümb., *G. triloculinoïdes* Plum., *Globorotalia aragonensis* Nutt., *G. velascoensis* Cush., *G. wilcoxensis* Cush., *Cibicides cushmani* Nutt., *C. pseudowuellerstorffi* Cush., *C. spiropunctatus* G. and M., *Anomalina grosserugosa* Gümb. Cette microfaune, par comparaison avec celle de nombreux affleurements du Bas-Adour et de la Chalosse, nous permet d'attribuer les séries qui la renferment à l'Ypréso-Lutétien, l'abondance des Lagénidés, la fréquence de *Globorotalia velascoensis*, la rareté relative de *G. aragonensis* et des Globigérines nous amenant plutôt à les rapprocher du Lutétien inférieur.

La signification paléontologique de cet affleurement est grande. L'Éocène et le Lutétien inférieurs étaient inconnus à l'ouest de l'anticlinal dit de Biarrotte et de la région d'Urcuit, 15^{km} à l'est de Bayonne. Le Danien de la pointe Sainte-

Anne se perd en mer à Hendaye; le Danien de la plage de Peyreblanque à Biarritz est recouvert par le Lutétien supérieur transgressif; celui de l'étang de Mouriscot vient buter par faille contre une injection triasique. La transgression du Lutétien supérieur recouvre au sud de Bayonne le Maëstrichtien ou le Flysch Crétacé supérieur. Au-dessus du Danien de Bidart, toutefois, à l'ouest de Sacchino, quelques mètres de marne blanche à rares *Globigerina bulloides* et *Globorotalia aragonensis* correspondent à l'Éocène inférieur. Par contre, en Espagne, les falaises dominant l'estuaire de la Bidassoa (Cap du Figuier) font affleurer largement l'Éocène inférieur et le Lutétien ([2]). La marne du Lutétien inférieur découverte à Anglet, grâce au diapirisme, forme, avec l'affleurement de Bidart, un jalon de cette reconstitution paléogéographique, la mer à l'Éocène et au Lutétien inférieurs s'étendant sur tout le front nord pyrénéen en Aquitaine occidentale et jusqu'au delà de Saint-Sébastien, dessinant dans la région atlantique une courbe correspondant peut-être à l'avancée du massif cristallin du Labourd.

GÉOLOGIE. — *Contribution à l'étude du Massif du Guergour (Algérie).* Note de M. **Léon Calembert**, présentée par M. Charles Jacob.

Au moment où les recherches relatives aux sédiments marins de la nature actuelle s'intensifient, il devient intéressant de signaler aux fins de confrontation, des faits d'observation révélant des caractères particuliers de dépôts anciens.

Le massif du Guergour, dans le département de Constantine, montre de curieuses dispositions des masses calcaro-dolomitiques d'âge Cénomano-turonien des Djebel Tafat, Kef Semmah et Djebel Anini.

Des *variations de faciès*, aussi brutales que celles observées dans certains récifs ou dans des bioherms récemment décrits, conduisent à une allure lenticulaire fort nette des formations calcaro-dolomitiques qui constituent l'armature de ces montagnes. Il convient de souligner particulièrement l'aspect *en cuvette* du contact entre les couches massives du Cénomanien et les couches marno-calcaires appartenant soit à la base du Cénomanien, soit au Vraconnien; il a lieu suivant une surface irrégulière, arrondie en festons qui tient à l'accroissement progressif du faciès calcaire aux dépens du faciès marneux, non seulement d'un banc au suivant, mais au sein d'un banc déterminé. Le contact supérieur n'est observable qu'à l'extrémité méridionale (El Hadra) où l'« envasement » se traduit également par un passage rapide, mais plus progressif cependant, d'un faciès à l'autre.

([2]) J. de Lapparent, *Les calcaires à Globigérines du Crétacé supérieur et des couches de passages à l'Éocène dans les Pyrénées occidentales* (*B. S. G. F.*, **24**, 1924, pp. 615-641).

Les *variations de puissance* des masses calcaro-dolomitiques apparaissent aussi comme les conséquences directes des conditions de la sédimentation. De même que le caractère massif des formations diminue de l'axe vers les bords dans la chaîne montagneuse prise dans son ensemble, et dans chaque chaînon considéré séparément, les épaisseurs s'amenuisent considérablement au pourtour des massifs.

Les causes réelles des dispositifs observés restent énigmatiques et l'on peut seulement supposer qu'elles correspondent aux caractères spéciaux de la topographie sous-marine dans les régions de hauts-fonds affectés de subsidence.

Le rôle de la tectonique contemporaine de la sédimentation devrait être précisé par des recherches plus vastes. La notion d'une ride s'affaissant plus rapidement que les sillons qui l'encadrent, bien qu'elle s'impose à l'observateur, ne satisfait pas pleinement l'esprit. Depuis les recherches de P. Deleau (1), je ne sache pas qu'elle ait fait l'objet de récents développements.

Ces phénomènes méritent d'autant plus d'intérêt qu'ils dirigent toute l'évolution géologique des régions où ils se présentent.

Le style des déformations du Guergour se trouve sous la dépendance immédiate de la répartition des faciès et des puissances, et la prépondérance des plis et accidents de bordure comme leur accentuation vers le Sud s'explique sans difficulté sur cette base.

Le flanc oriental du Djebel Tafat permet de relever, sur une distance un peu supérieure à un kilomètre, la transformation d'un pli marginal droit à relativement grand rayon de courbure en un pli déjeté, puis déversé, puis cassé en pli-faille.

D'autre part, les accidents tranverses du type des failles qui encadrent le petit horst du Teniet el Kroub se superposent à des zones de transition entre faciès de résistances mécaniques différentes.

La minéralisation B.G.P. du massif du Guergour s'est mise en place grâce aux failles en boutonnière qui limitent les masses calcaro-dolomitiques, et les gîtes métallifères se concentrent en relation avec les accidents secondaires transversaux ou longitudinaux (filons) et avec la disposition en cuvettes (amas calaminaires).

Morphologiquement, le massif offre des exemples typiques de *montagnes structurales à peine évoluées*.

La continuité remarquable de l'évolution géologique, déjà soulignée par J. Savornin (*Bull. Service Carte Géologique Algérie*, 2e série, n° 7, 1920), s'affirme davantage quand on considère à la lumière des remarques précédentes,

---

(1) *Étude géologique des régions de Jemmapes, Hammam, Meskoutine et du Col des Oliviers* (*Bull. Service Carte Géologique Algérie*, 2e série, 14, Alger, 1938, p. 583, 33 fig., 1 atlas : 43 fig.).

les manifestations échelonnées dans le temps depuis la déformation du bassin de sédimentation jusqu'à l'aspect géographique actuel.

L'ensemble des faits observés et des interprétations qu'ils suggèrent conduirait à raccorder la région au sillon sud-tellien (zone IV) de L. Glangeaud (*Actes Société Linnénne Bordeaux*, 85, 1933) plutôt qu'au géanticlinal du Chélif (zone III du même auteur).

Un exposé plus détaillé des phénomènes considérés sera publié prochainement ([2]). Dès à présent, la parenté du Guergour avec d'autres régions étudiées par l'auteur de cette Note ne fait aucun doute ([3]).

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Activité diastasique des inflorescences de* Ginkgo biloba *L. au cours du développement.* Note ([1]) de M^me^ **Cécile Sosa-Bourdouil**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le *Ginkgo biloba,* unique représentant d'un groupe très ancien, est la seule Gymnosperme vivante à caractère archaïque que certains botanistes aient tenté de rapprocher des Fougères. L'étude chimique a été amorcée dès 1857 par Schwarzenbach, continuée par l'école japonaise et reprise récemment par A. Sosa ([2]).

Nous nous sommes proposé l'étude physiologique de cette plante et nous exposerons ici les résultats relatifs à diverses activités diastasiques des inflorescences ♂, en nous bornant aux glucidases (les résultats relatifs aux autres diastases seront exposés ailleurs).

Dès l'automne, les inflorescences ♂ sont formées et les fleurs les plus extérieures des bourgeons arrivent avant l'hiver jusqu'à la formation des cellules mères du pollen. A ce moment ces bourgeons, chargés de réserves ainsi que le rameau sous-jacent, entrent en état de vie ralentie. C'est ainsi que le poids sec moyen d'une inflorescence ♂ prélevée sur un même arbre du Jardin des Plantes à Paris, varie très peu pendant l'hiver. Fin janvier il est de $2^{mg},75$, à la veille du printemps, le 20 mars de $2^{mg},9$; il passe brusquement à $5^{mg},8$ le 31 mars, $8^{mg},6$ le 8 avril (date où les tétrades viennent de se former), $18^{mg},3$ le 18 avril à la veille de la maturation du pollen (le 23 avril) (cf. courbe 1). Depuis l'automne jusqu'au printemps suivant, l'on peut donc distinguer deux étapes : 1° la vie ralentie traduite en fonction du temps par un palier; 2° la vie active après le 20 mars caractérisée par la croissance. Cette dernière étape peut se subdiviser en deux autres : 1° avant la formation des tétrades; 2° après cette formation (poids des étamines : 79,8 % de l'inflorescence à la maturation).

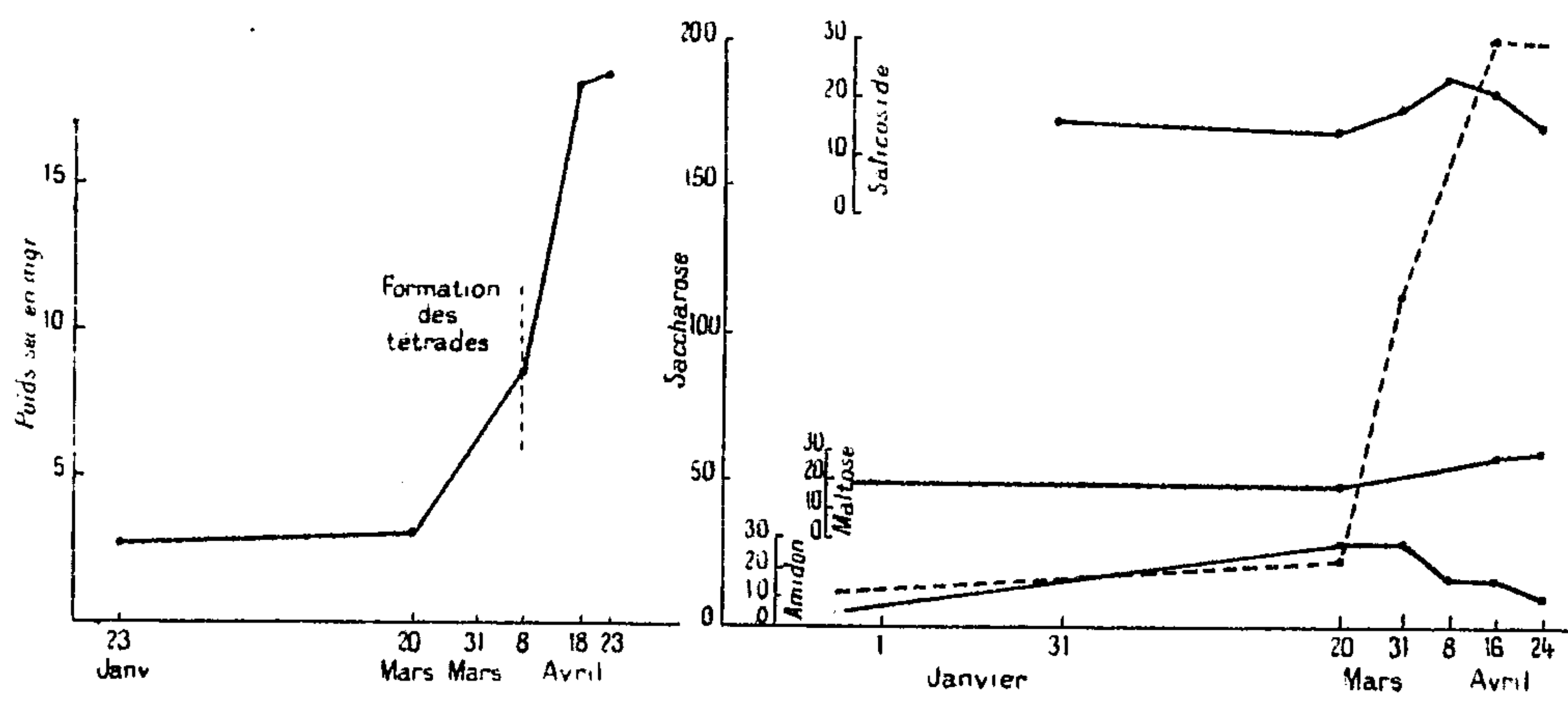
([2]) *Ann. Soc. Géol. Belg.*, **70**, Liége (sous presse).

([3]) *Acad. roy. belg.*, Cl. des Sciences, **12**, fasc. 5, 1941 (spécialement, Djebba, pp. 19-29; Djebel Bargou, pp. 29-39 et Djebel el Hamra, pp. 39-51).

([1]) Séance du 28 mai 1947.

([2]) *Soc. chim. Biol.*, **29**, 15 avril 1947 (à paraître).

La teneur en eau varie de 57,8 % (fin novembre) à 65,8 (17 janvier), 74,0 (20 mars), 78,1 (31 mars), 83,2 (8 avril), 87,3 (16 avril) et retombe à 85,8 le 24 avril, le pollen étant sur le point d'être libéré (récoltes faites par temps sec). L'entrée en vie active se manifeste donc, comme on pouvait s'y attendre, par une augmentation d'eau au printemps.



Courbe 1. Courbe 2.

Inflorescences ♂. — Courbe 1. Variations de poids d'une inflorescence. — Courbe 2. Activités diastasiques relatives à divers glucides.

Ces indications étant données, on peut rapporter l'activité diastasique soit au poids frais, soit au poids sec ou à une inflorescence. Si l'on rapporte les résultats à une inflorescence, on constate en général une augmentation notable des activités étudiées au début du printemps; mais il importe de mettre en évidence l'activité par rapport à une même masse d'organe qui définit sa concentration dans le milieu où elle est appelée à agir.

Nous avons fait agir $0^{g},1$ d'inflorescence fraîche dont on connaît la teneur en eau sur 10^{cm^3} d'une solution à 1 % de divers glucides à la température de 32°. Le sucre réducteur libéré après hydrolyse est mesuré au bout de 7 jours pour la saccharase et l'amylase, au bout de 3 jours pour la maltase, suivant la méthode de G. Bertrand. Les résultats sont rapportés à $0^{g},03$ de poids sec et aux proportions de glucide hydrolysé (courbe 2).

En ce qui concerne la β-glucosidase, nous avons réduit à $0^{g},025$ et $0^{g},01$ (poids frais) pour avoir une hydrolyse inférieure à 100 % au bout de 3 jours. Nous avons repris les expériences avec les inflorescences desséchées à 30°, et la courbe indique le pourcentage d'hydrolyse de $0^{g},1$ d'inflorescence dans 10^{cm^3} d'une solution de salicoside à 2 % au bout d'une heure à la température de 23°. L'allure de la courbe n'en est pas modifiée. (L'échelle des ordonnées est différente suivant les diastases étudiées, à cause des différences trop grandes d'activité pour être représentées par le même système, mais elles donnent dans l'ensemble l'allure des variations.)

L'activité de l'amylase est faible pendant tout le cours du développement. Celle de la maltase est plus forte, mais varie peu avec la saison. La saccharase a une très faible activité pendant l'hiver, mais après le 20 mars elle croît, son action passe de 1 à 52 du 20 au 30 mars, jusqu'à 90 le 16 avril. On assiste à un véritable déclenchement de la saccharase au début du printemps. *La β glucosidase est très active à tous les stades;* elle présente un maximum le 8 avril à la formation des tétrades (son activité est plus faible que celle des amandes, mais du même ordre). Ces deux dernières diastases existent aussi dans les feuilles et les inflorescences ♀ et peuvent être mises en rapport avec la présence de raffinose.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la culture indéfinie des tissus de la racine de Jusquiame* (Hyoscyamus niger *L.*). Note de M[me] **Jacqueline Telle** et M. **Roger Gautheret**, présentée par M. Joseph Magrou.

La réalisation de cultures de tissus de plantes capables d'élaborer des substances spécifiques telles que des alcaloïdes, des hétérosides, etc., présente un intérêt particulier, car on peut espérer qu'il doit être possible par ce moyen de préciser le métabolisme de ces substances.

Désirant entreprendre l'étude du métabolisme des alcaloïdes dans des tissus cultivés *in vitro*, nous avons tenté, comme préambule à nos recherches, de réaliser la culture des tissus de Jusquiame.

Les cultures primitives furent réalisées en plaçant des fragments de racines dans un milieu glucosé renfermant de l'acide indole-acétique à une concentration de l'ordre de 10^{-6}. Au bout de deux mois ces fragments avaient produit de volumineux cals sous l'action de la substance de division.

Nous procédions alors au repiquage des cultures en isolant des fragments de ces cals et en les transportant sur le milieu utilisé par l'un de nous pour les tissus de Carotte ([1]), mais dans lequel nous avions remplacé l'acide indole-acétique par de l'acide naphtalène-acétique à la concentration de 3×10^{-7}.

Les explantats se sont développés vigoureusement, et nous avons pu procéder au bout de deux mois à un second repiquage des cultures. Nous avons alors observé un fléchissement de la vitesse de croissance, à cause, semblait-il, d'une carence nutritive; pour cette raison, au moment du repiquage suivant, nous avons ajouté à notre milieu primitif de l'acide pantothénique dont l'activité vis-à-vis des cultures de tissus a été récemment démontrée par G. Morel ([2]). L'addition de cette substance à une dose de l'ordre de 10^{-6} provoqua une remarquable stimulation du développement de nos cultures, et depuis, nous avons pu les repiquer cinq fois sans aucune difficulté.

([1]) R.-J. Gautheret, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 118.

([2]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 166.

Nous avons ainsi isolé une souche de tissus de Jusquiame qui est actuellement âgée de plus d'un an et demi et qui se développe d'une manière telle que nous pensons pouvoir la conserver indéfiniment.

L'observation de coupes pratiquées dans quelques colonies nous a montré une structure analogue à celle signalée par l'un de nous ([3]) pour les tissus de Carotte cultivés *in vitro*. Les cultures de tissus de Jusquiame sont, en effet, constituées par des masses parenchymateuses au sein desquelles se différencient des nodules libéro-ligneux. Chacun de ces nodules est formé par une zone génératrice cyclisée qui produit des éléments criblés vers l'extérieur et des vaisseaux aberrants vers l'intérieur.

Nous avons enfin essayé de rechercher si les tissus de Jusquiame conservent *in vitro* le pouvoir d'élaborer des alcaloïdes. Nous n'avons effectué aucun dosage mais simplement des réactions microchimiques. En faisant agir le réactif de Bouchardat (réactif iodo-ioduré) sur des coupes pratiquées dans des tissus ayant subi cinq repiquages, nous avons observé la production, dans les cellules, de précipités brun rougeâtre très caractéristiques. Afin de nous assurer qu'il s'agissait bien de précipités d'alcaloïdes et non de protéides, nous avons réalisé l'épreuve d'Errera, qui consiste à traiter les coupes par de l'alcool tartrique avant de faire agir le réactif de Bouchardat. Ce double traitement ne nous a pas permis de retrouver les précipités que nous observions après l'action directe du mélange iodo-ioduré, ce qui nous permet d'affirmer la nature alcaloïdale de la substance qui précipite sous l'action directe du réactif iodo-ioduré. Ainsi, les tissus de Jusquiame cultivés *in vitro* sont capables d'élaborer des alcaloïdes. Mais les réactions obtenues sur les cultures nous ont semblé moins intenses que celles observées sur des tissus normaux, si bien que nous pensons que la culture atténue l'élaboration des alcaloïdes.

En résumé, nous sommes parvenus à réaliser la culture des tissus de Jusquiame et nous avons constaté que les cellules de cette plante conservent *in vitro* la faculté d'élaborer des alcaloïdes.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Les glucides et la systématique des Rhodophycées.* Note de M. **Jean Augier**, présentée par M. Roger Heim.

Parmi les Algues rouges, les Céramiales se distinguent, on le sait ([1]), par leur teneur élevée en mannoglycérate de sodium, qui est, pour plusieurs, le seul glucide à petite molécule; d'autres renferment aussi une petite quantité de floridoside. Dans le cas de *Polysiphonia fastigiata* Grev., qui appartient à la première catégorie, on a cherché si cette constitution varie avec la saison. Des analyses effectuées en février, mai, juillet, septembre, n'ont permis,

([3]) R.-J. Gautheret, *Une Voie nouvelle en Biologie végétale : La culture des tissus*, Paris, 1945.

([1]) J. Augier, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 929. Par suite d'une erreur, ce qui est dit dans cette Note de *Agardhiella tenera* est à rapporter à *Solieria chordalis*.

en aucun cas, de déceler le floridoside dans les eaux mères du mannoglycérate. Dans la seconde catégorie, il faut ajouter à la liste des plantes déjà signalées : *Hypoglossum Woodwardi* Kylin (Delessériacée), *Ceramium rubrum* Ag. et *Plumaria elegans* Schmitz (Céramiacées), toutes riches, pendant l'été, en mannoglycérate de sodium (obtenu cristallisé), mais non exemptes d'une petite quantité de substance dextrogyre hydrolysable par la galactosidase, et très vraisemblablement identique au floridoside.

Deux Gigartinales ont été également traitées pour l'obtention des glucides solubles. *Cystoclonium purpurascens* Kütz., récolté fin juillet, a fourni une abondante cristallisation de mannoglycérate de sodium, et renferme aussi du floridoside. On retrouve le chimisme de *Calliblepharis ciliata* Kütz., qui appartient à la même famille (Rhodophyllidacées). D'autre part, *Chondrus crispus* Lyngb., la Gigartinacée bien connue, contient une petite quantité de mannoside, qui cristallise, à côté d'une quantité plus grande de floridoside.

Deux Cryptonémiales ont été étudiées au même point de vue : *Dilsea edulis* Stack. (Dumontiacée) et *Polyides rotundus* Grev. (Rhizophyllidacée). La première a donné une cristallisation de mannoglycérate, et un reste de floridoside (non cristallisé). La seconde espèce n'a pas fourni de cristaux, mais l'analyse diastasique parle en faveur d'un contingent glucidique mixte. Or on sait que les deux ordres, Cryptonémiales et Gigartinales, furent distingués par Kylin, en 1932, d'après la place des cellules auxiliaires. Ce caractère paraît à des algologues comme Fritsch trop peu important pour baser une systématique majeure. Les résultats apportés dans cette Note ne conduisent pas à penser que les caractères du chimisme puissent renforcer la diagnose de ces ordres.

Parmi les représentants des Céramiales, Gigartinales, Cryptonémiales, analysés jusqu'ici, il en est peu qui semblent exempts de mannoglycérate de sodium (*Gracilaria multipartita* J. Ag., *Furcellaria fastigiata* Lam.), tandis que ce sucre n'a pas encore été décelé dans les Némalionales ni les Bangiales.

Nemalion multifidum J. Ag., analysé fin juillet, paraît bien ne renfermer que du floridoside, en fait de sucre soluble : c'est ce qu'indiquent les essais de cristallisation et l'hydrolyse diastasique des extraits. Notons, en passant, que la matière mucilagineuse, qui donne à l'algue sa consistance, est une substance dextrogyre ($[\alpha]_D$ de l'ordre de $+125$), livrant à l'hydrolyse 9 parties de mannose pour une d'arabinose, mais pas d'acides uroniques. On sait que le mucilage de *Thorea* est également à base de mannose, mais fortement lévogyre ([2]). Le tréhalose, présent dans les Lémanéacées, n'a pas été aperçu ici.

Bangia fuscopurpurea Lyngb., récolté en abondance, au mois de novembre, par M. R. Lami, ne renferme, semble-t-il, comme sucre soluble, qu'un galactoside identique au floridoside. Il en est de même pour *Porphyra umbilicalis* J. Ag., au mois d'août.

([2]) J. Augier, *Thèse*, Paris, 1934.

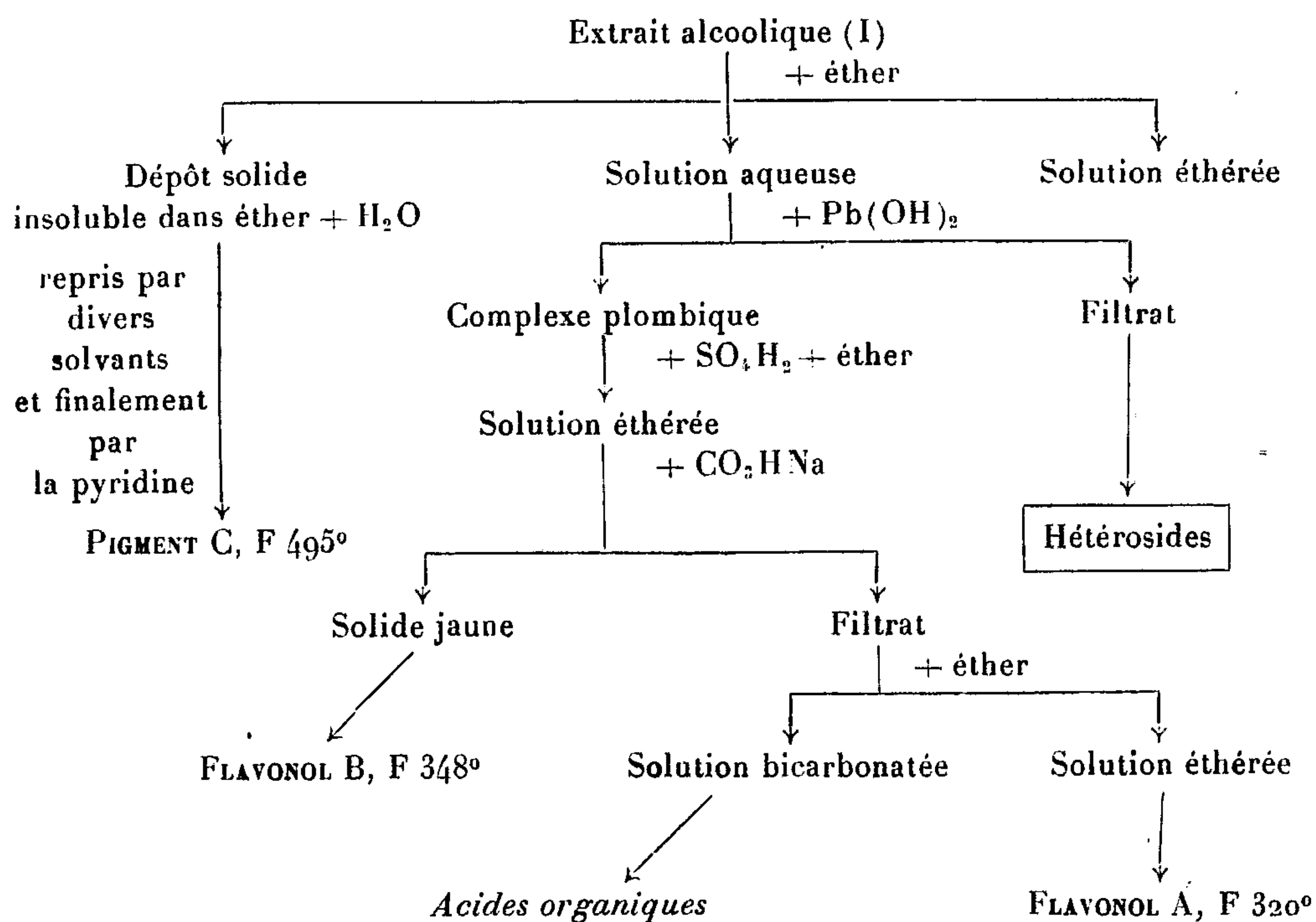
Une investigation plus complète de ces deux derniers ordres se heurte à la difficulté de préparation des principes cristallisés, et nécessitera des récoltes très abondantes.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Étude de quelques pigments jaunes extraits de* l'Arbutus unedo *L*. Note (¹) de M. **Antonio Sosa**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le premier travail chimique que l'on trouve dans la littérature sur l'*Arbutus unedo*, arbuste typique de la région méditerranéenne, est celui de Mafat en 1892, sur les tanins. Depuis, plusieurs substances ont été isolées appartenant aux groupes chimiques les plus divers, mais, à part les caroténoïdes des fruits (Schœn, 1935), les pigments n'avaient pas été étudiés.

De notre côté, nous avons isolé pour la première fois, des feuilles et des rameaux de cette Éricacée, plusieurs corps organiques nouveaux parmi lesquels trois pigments, dont deux flavonols et une substance jaune phénolique dont le point de fusion est vraisemblablemnnt le plus élevé trouvé jusqu'à ce jour dans le règne végétal. Dans cette Note préliminaire nous donnons le schéma à suivre pour l'extraction de ces produits et quelques résultats expérimentaux.

Extraction. — La plante (feuilles et jeunes rameaux) est épuisée par l'alcool bouillant et l'extrait alcoolique (I) est soumis aux traitements suivants après élimination de l'alcool sous vide.



(¹) Séance du 2 juin 1947.

Flavonols. — Ces substances sont purifiées par cristallisations répétées dans les alcools dilués (CH_3OH ou C_2H_5OH). Elles sont constituées par de beaux cristaux jaunes fondant à 320° (A) et 348° (B) ([2]). Elles offrent les réactions typiques : couleur rouge (A < B) avec ClH + Mg dans CH_3OH, bleu avec Cl_3Fe, idem avec NO_3H concentré. La réaction à l'acide borocitrique de Wilson est la même qu'avec le quercétol (jaune avec fluorescence verdâtre). La réaction à l'amalgame de Na et celle que nous avons proposée à l'aide de KOH n/100 méthylalcoolique ([3]) permettent de différencier ces substances d'un autre flavonol assez semblable à certains points de vue, le quercétol. La dernière réaction peut servir aussi pour la différenciation entre A et B.

	Amalgame de Na + ClH.	KOH *n*/100 méthylalcoolique.
Flavonols A et B......	vert → décolor. → rose	vert émeraude (A) vert foncé → bleu très foncé (B)
Quercétol............	jaune → brun → rougeâtre	jaune citron

B réduit la liqueur de Fehling (1g comme 0g,60 de glucose) (pour le quercétol, 1g comme 0g,57 de glucose).

Analyse....	C %.	H %.	HO % (acétylation pyridinée).
Flavonol A....	59,75-59,9	3,71-3,85	-
» B....	58,56-58,48	3,80-3,70	19,1

Ces substances n'ont pas de groupe méthoxyle; elles sont insolubles dans le camphre et pour cette raison nous n'avons pu déterminer le P. M. par la microméthode de Rast.

Nous avons méthylé A et B par CH_2N_2 : la teneur en CH_3O des dérivés cristallisés correspondants est de 31,2 % pour A et de 29,5 % pour B (F 114°), alors que pour le tétraméthylquercétol, on a 34,6 % de CH_3O (F 158°).

Pigment C. — Cette substance cristallisée en belles aiguilles jaune pâle est insoluble dans la plupart des solvants usuels. Nous avons eu recours à la pyridine pour la purifier par cristallisations successives (les eaux mères sont inactives à la lumière polarisée). Elle retient fortement la pyridine, jusqu'à 23 % de cristallisation. Les cristaux se présentent au microscope groupés en ailes de moulin et fondent au bloc à 495° (corr., fus. inst.). Il possède deux bandes d'absorption dans l'ultraviolet moyen, l'une sur $\lambda\,254^{m\mu}$ forte et l'autre sur $\lambda\,352^{m\mu}$ faible (déterminé par MM. Meunier et Jouanneteau).

Il réduit la liqueur de Fehling à chaud. Il ne se dissout pas dans les bases ou acides conc. à l'exception de NO_3H avec lequel il donne une belle réaction bleue devenant rouge par la suite. Avec Cl_3Fe il se colore en bleu; c'est

([2]) Tous les P. F. ici indiqués ont été pris au bloc de Maquenne (corr.) selon la méthode de la fusion instantanée.

([3]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1125.

un composé phénolique. Il ne présente pas les réactions du groupe des flavones. Comme les flavonols A et B, il est insoluble dans le camphre et ne possède pas de méthoxyles dans sa molécule.

Analyse C %........ 55,53-55,65 H %........ 2,13-2,26

Par acétylation pyridinée on obtient un dérivé incolore, nacré, fondant à 370° environ.

Le pigment se laisse méthyler par le diazométhane en donnant naissance à un corps cristallisé jaunâtre dont le P. F. est de 250° et dont la teneur en CH_3O est de 21,2 %. Ce dérivé ne donne plus de coloration avec Cl_3Fe.

BIOLOGIE. — *L'effet de lactates de* Na *et de* Ca *sur la Souris et son rapprochement de celui du pyruvate.* Note (¹) de Mme **Nadine Dobrovolskaïa-Zavadskaïa** et M. **Vladimir Momsikoff.**

L'acide lactique ($CH_3CHOHCOOH$) a été longtemps considéré comme l'un des principaux responsables des manifestations du béribéri et du polyneurite aviaire; une augmentation de sa quantité dans le cerveau a été trouvée (²) (³) au cours de l'avitaminose B_1.

Plus récemment, on s'est concentré davantage sur l'étude chimique de l'acide pyruvique ($CH_3COCOOH$) (⁴) (⁵). Nous avons relaté (⁶) un syndrome reproduisant, par le pyruvate de sodium seul et en l'absence de l'avitaminose, le béribéri expérimental sur les souriceaux.

Pour élucider également le rôle de l'acide lactique, nous avons réalisé une série d'expériences analogues (voir figures).

1° ♂ gris-sauvage de 13g,8. Injection à 16h40m de 1cm³ de solution de lactate de Na à 4,7 %; 17h, chancelle, respiration ralentie, se frotte le museau avec les pattes, se gratte (démangeaison); 17h55m, se gratte les oreilles, se lèche; 17h25m, urine 7 gouttes à la fois; 17h35m, commence à se rétablir. Nouvelle injection de 1cm³, même solution; 17h50m, état cataleptique (photos 1 et 2, sans rétention); se sauve après, court. Aucun mouvement convulsif; 18h10m, l'état cataleptique continue; 18h30m, ne va pas plus mal. Le lendemain, poids : 13g,6, bon état.

2° ♂ **61183** XXXV, poids 9g,3; 11h30m, injection de 0cm³,5 de lactate de Ca à 9 %; 12h15m, marche en oscillant, pattes postérieures écartées; 14h10m, respire lentement, pas de mani-

(¹) Séance du 2 juin 1947.

(²) H. W. Kinnersley et R. A. Peters, *Biochem. Journ.*, **23**, 1929, pp. 1126 et 1930; **24**, pp. 711 à 712.

(³) R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, **119**, 1935, p. 276.

(⁴) A. P. Meiklejon, R. Passmore et R. A. Peters, *Biochem. Journ.*, **26**, 1932, pp. 1872-1879.

(⁵) R. A. Peters et R. H. S. Thompson, *Biochem. Journ.*, **28**, 1934, pp. 916 à 925.

(⁶) N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa et collab., *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 248, 611 et 935; **223**, 1946, p. 1024.

festation spasmodique; 15^h30^m, catalepsie, photo sans rétention (*fig.* 3); 17^h, paralysie des pattes postérieures; 17^h40^m, meurt sans convulsion (6 heures 10 minutes après l'injection).

3° ♂ 61184 XXXV beige, de $9^g,3$; 11^h25^m, injection de $0^{cm^3},4$, même solution; 12^h10^m, paralysie des pattes postérieures, marche en oscillant, respire lentement; 14^h5^m, respiration moins ralentie que chez le précédent (plus petite dose); 15^h10^m, catalepsie (*fig.* 4); 17^h, aucune manifestation convulsive, paralysie des pattes postérieures; 18^h, respire encore; 18^h10^m, meurt.

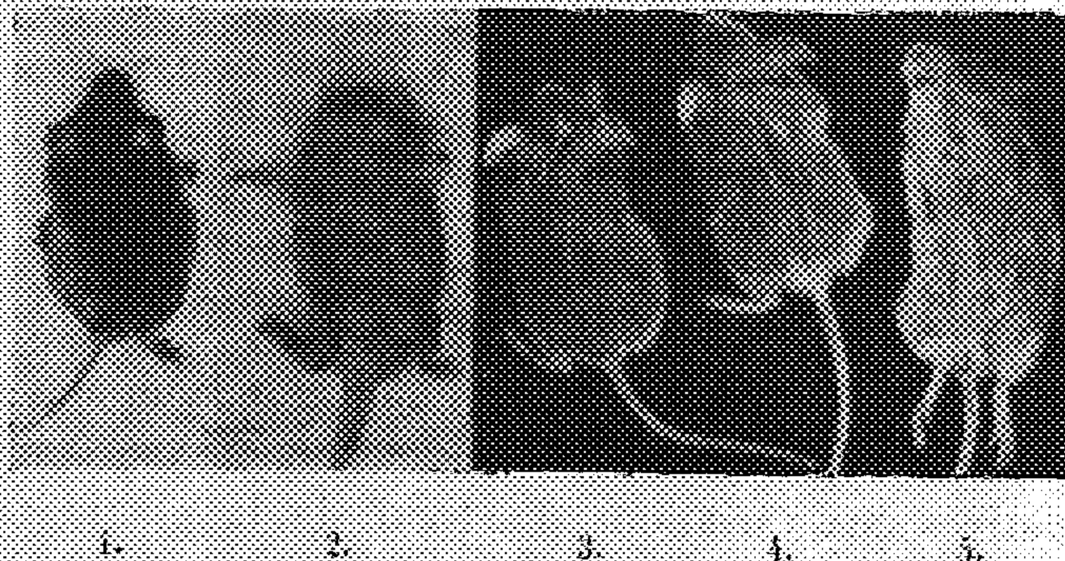


Fig. 1 et 2. — État cataleptique : l'animal reste sur le ventre et sur le dos (a bougé) en position insolite avec les pattes étirées comme on l'avait mis. Rétablissement complet par la suite.

Fig. 3. — État cataleptique, l'animal garde la position anormale avec la patte antérieure droite étirée. Mort 2 heures après, sans convulsion.

Fig. 4. — Immobilisation 3 heures 45 minutes après l'injection. Mort 2 heures après sans convulsion, mais avec les pattes postérieures paralysées.

Fig. 5. — Paralysie des pattes, 2 heures 30 minutes après l'injection. Mort sans convulsion.

4° 61115 XXXV gr. arg. de $6^g,7$; 12^h, injection de $0^{cm^3},4$ de lactate de Ca à 9 %; 12^h20^m, pattes postérieures écartées, marche lentement; 14^h, très frappé, mais ne reste pas sur le dos; 14^h10^m, patte postérieure gauche étirée, paralysée; la patte postérieure droite reste pliée et fait des mouvements; 14^h30^m, la patte postérieure gauche et la patte antérieure droite sont paralysées, étirées (*fig.* 5); 14^h35^m, mort sans convulsion 2 heures 35 minutes après l'injection.

En résumé, l'effet de l'acide lactique s'est manifesté par l'ataxie, la catalepsie, le ralentissement de la respiration (sans symptôme dyspnéique) et l'immobilisation progressive de l'animal.

Contrairement à ce qui a été observé avec l'acide pyruvique, on a constaté l'absence complète de phénomènes spasmodiques et convulsifs (aucune hyperextension du cou). L'animal représenté sur les figures 1 et 2 manifesta encore quelques symptômes d'inquiétude et d'irritation (démangeaison, diurèse insolite); malgré un état cataleptique prononcé, il s'est rétabli et a vécu encore plusieurs mois. Tous les autres animaux sont morts avec des manifestations paralytiques graves, mais sans aucune crise convulsive. L'acide pyruvique reste, par conséquent, la cause immédiate la plus probable des phénomènes spasmodiques et convulsifs. Le cinergisme de l'acide lactique dans les phéno-

mènes paralytiques et, peut-être, dans quelques manifestations internes, est tout à fait probable.

Cette différence d'action s'explique (7) (4) par le fait que l'acide pyruvique n'est pas un dérivé de l'acide lactique. Suivant l'expression de E. M. Case (7), il n'est pas un précurseur intermédiaire de l'acide lactique, ni un produit d'oxydation directe de ce dernier; le précurseur immédiat de l'acide pyruvique doit être le méthylglyoxal (CH_3COCOH) duquel l'acide pyruvique est dérivé par oxydation.

BIOLOGIE. — *La glande thyroïde du Saumon Atlantique* (Salmo salar *L.*) ♀, *au cours de sa vie en eau douce.* Note (1) de M. Maurice Fontaine et Mlle Madeleine Olivereau, transmise par M. Robert Courrier.

Étudiant depuis plusieurs années la physiologie du Saumon en rapport avec certaines étapes de ses migrations, nous pouvons maintenant apporter quelques conclusions relatives aux variations d'activité de la glande thyroïde du S. du Bassin de l'Adour. Nous ne considérerons ici que le S. ♀, n'ayant pas encore pu nous procurer des mâles à tous les stades auxquels nous avons obtenu des femelles. Ces stades sont les suivants : Le parr, jeune S. d'un à deux ans (capturé en décembre ou avril); le smolt, jeune S. de descente, capturé lors de son avalaison (mars-avril); le S. adulte, dit frais pêché à Bayonne dans des eaux encore faiblement saumâtres (mars), ou à Peyrehorade (mars-avril) dans des eaux douces à une quarantaine de kilomètres de l'estuaire. Ce S., parvenu sur les frayères (Oloron-Sainte-Marie), soit en avril très peu de temps après son arrivée, soit en décembre (époque de la fraie). Enfin, le S., dit bécart, ayant frayé et retournant pour la seconde fois à l'Océan, capturé à Bayonne en mars.

Nos observations peuvent être résumées ainsi (2) :

Le parr présente une glande en activité moyenne quand il est capturé en hiver sur les frayères. Les follicules médians, de diamètre relativement grand, sphériques, sont limités par un épithélium cubique, élevé, avec vacuome apical et souvent en dôme turgescent et un noyau apparent en situation basale; la colloïde est peu abondante, et bien souvent ce n'est qu'un fin réseau dilué qui occupe la lumière de l'acinus. Les follicules périphériques manifestent une activité légèrement moindre. Chez le parr, capturé en avril, nous constatons une activité plus marquée de la thyroïde, sans doute attribuable à l'influence de la saison. La résorption de la colloïde est plus avancée, et la majorité des

(7) *Biochem. Journ.*, 26, 1932, pp. 759-771.

(1) Séance du 2 juin 1947.

(2) Des descriptions plus détaillées, accompagnées de microphotographies, seront données dans un mémoire ultérieur.

follicules présente un épithélium plus élevé, mais ce degré d'activité n'atteint pas encore celui du smolt. Chez ce dernier, l'épithélium est très nettement prismatique et dessine de nombreuses sinuosités, plusieurs vésicules sont en collapsus et même lorsque persiste la lumière, la colloïde est soit absente, soit très peu abondante. Signalons aussi une prolifération du tissu glandulaire tant à partir des cordons de Wölffler que de points localisés de l'épithélium.

Après une ou plusieurs années de croissance en mer, le S. reparaît en eau douce. Capturé à Bayonne, il possède une thyroïde assez active, très développée, mais hétérogène du point de vue de l'aspect fonctionnel de ses follicules, certains nettement actifs à épithélium cubique ou prismatique, à sécrétion colloïdale de réaction orangeophile et parsemée de microvacuoles incolores, d'autres plus volumineux, présentent un épithélium plus bas sans que toutefois la colloïde y soit compacte ni dense. Dans les S. capturés à Peyrehorade, l'activité de la thyroïde est réduite par rapport aux individus précédents pêchés à proximité de l'estuaire. La proportion des vésicules au repos augmente encore dans le S. pêché sur les frayères dès son arrivée, et il faut noter, à une même époque, cette évolution de l'activité thyroïdienne en fonction du stade migratoire. Mais c'est un repos presque total qui caractérise la plupart des thyroïdes des femelles capturées au moment de la fraie. Les vésicules sont très grandes, distendues par une colloïde compacte et homogène très acidophile, avec un épithélium très bas, du type endothéliforme dont il est dans certains cas très difficile de distinguer la structure. Dans un cytoplasme raréfié, le noyau est très étiré, subissant souvent une dégénérescence pycnotique; parfois l'épithélium semble totalement désorganisé, désintégré. L'irrigation sanguine est presque nulle.

La thyroïde du bécart présente toutes les manifestations d'une réorganisation et d'une reprise de son activité fonctionnelle. L'hétérogénéité de la glande est très marquée, car des follicules dégénérés persistent encore, mais le remaniement et l'hyperplasie de la glande se manifestent par une prolifération qui s'effectue à partir des cellules de Webber, produisant des follicules à petit diamètre dont l'épithélium peut affecter le type cubique élevé ou même prismatique. La colloïde est le plus souvent peu abondante, franchement basophile et fluide, les cellules épithéliales la phagocytant selon les images classiques. La reprise d'activité fonctionnelle de la glande est évidente et notons qu'elle se produit avant que le S. ait commencé de s'alimenter.

Ainsi, la thyroïde présente chez le jeune S. une activité croissante du parr sédentaire au smolt migrateur, stade où elle semble atteindre son maximum d'activité. Chez l'adulte, l'activité de la glande décroît progressivement de l'estuaire aux frayères pour atteindre son état de repos maximum au moment de la fraie. La période de reproduction passée, une reprise d'activité de la thyroïde se manifeste chez le S., qui retourne une seconde fois à l'Océan. Une lacune importante existe dans ce cycle entre le smolt et le S. frais de montée,

due à ce fait que les prises de S. en mer sont exceptionnelles sur nos côtes. Mais Hoar ([3]), sur les côtes orientales américaines, a décrit la thyroïde d'un S. en mer comme une glande au repos ou du moins en activité très réduite. Si cette conclusion peut être étendue dans l'avenir au S. de l'Adour, les phases d'accélération ou de reprise de l'activité thyroïdienne apparaîtront alors comme précédant immédiatement ou accompagnant les changements de milieu. Sans doute, les recherches sur la physiologie de ces migrations sont-elles encore trop peu avancées pour que nous puissions préciser la nature des liens qui unissent ce cycle d'activité thyroïdienne et le cycle migrateur, mais un rapprochement s'impose quelles que soient les différences éthologiques notables qui séparent les migrations de ces deux espèces, entre les phases d'activité thyroïdienne du smolt, du S. frais et du bécart, et celles antérieurement signalées par divers auteurs, de l'Anguille à l'état de jeune civelle et d'Anguille argentée d'avalaison.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action des ondes d'ultra-haute fréquence* (longueur d'onde 21 cm) *sur la température de petits animaux de laboratoire.* Note ([1]) de MM. **Luc de Séguin** et **Guy Castelain**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Une centaine d'animaux de laboratoire souris et rats albinos furent exposés à des champs électromagnétiques de fréquence voisine de 14.10^8 cycles-seconde, produits par un émetteur dont l'élement essentiel est un tube à modulation de vitesse dit *klystron*. La puissance utilisée varia d'une dizaine de watts à 200 watts.

Il n'est pas encore possible de déterminer par des moyens physiques simples le coefficient d'absorption d'une préparation placée dans un champ d'ondes très courtes. Nous avons pris comme terme de comparaison l'élévation thermique d'un animal mort placé dans des conditions d'expérimentation aussi voisines que possible de celles réalisées pour l'animal vivant. Cette élévation thermique peut être considérée comme linéaire pour des températures comprises entre 18 et 50 degrés.

Plusieurs séries d'irradiations furent faites. Dans le cas d'irradiations totales, la dose léthale étant déterminée pour une puissance donnée, on pratiqua des irradiations progressant de très faibles doses à cette dose mortelle en prenant chaque fois un animal neuf. Dans quelques séries deux animaux furent exposés pour chaque dose; l'un fut décapité et autopsié, l'autre conservé pour observer les conditions de sa survie et les lésions ultérieures. Des essais d'irradiations localisées furent faits soit avec un guide coaxial monté en antenne, soit en

---

([3]) *J. of Morphol.*, 65, 1939, pp. 257-269.

([1]) Séance du 2 juin 1947.

exposant des rats de façon que seul un tiers de leur volume fut en champ maximum; pour chaque tiers on exposa plusieurs animaux à des doses différentes. Dans une des séries on exposa deux animaux par dose, décapitant l'un immédiatement après l'exposition et conservant l'autre.

Tous les animaux morts furent immédiatement autopsiés, leurs organes prélevés et des coupes histologiques de tous les tissus, sauf du tissu nerveux, pratiquées.

Résultats. — 1° Le poids ne joue pas un rôle important dans l'élévation thermique tant que l'animal est entièrement dans la zone du champ maximum. Les températures et les lésions autopsiques et histologiques, après des expositions à un même champ, de souris (15^g) et de rats (120^g) sont très voisines.

2° *Pour des doses très fortes* produisant sur la souris morte une élévation de l'ordre de 20 à 23° par minute, l'élévation thermique des souris vivantes est très voisine de celle de la souris morte-témoin. Les réactions physiologiques de thermo-régulation s'ébauchent seulement et leur effet est hors de proportion avec l'élévation thermique énorme induite dans la souris.

Les souris meurent en hyperthermie brutale, sans avoir la possibilité de lutter de façon suffisante contre l'énergie qu'elles absorbent.

Pour des doses fortes produisant sur la souris morte une élévation thermique de l'ordre de 12 à 2° par minute, l'élévation thermique des souris vivantes est environ deux fois moindre, la thermo-régulation joue à plein ainsi que le prouvent les lésions histologiques. Les souris meurent en hyperthermie.

Pour des doses plus faibles produisant sur la souris morte une élévation de l'ordre de 1° par minute, l'élévation thermique des souris vivantes est un peu inférieure à celle de la souris morte.

3° Quelques rats et souris sont morts en hyperthermie relative après une exposition courte, de 20 à 30 secondes, alors que leur température rectale ne dépassait pas 41°,5.

Nous eûmes d'autres exemples d'atteintes apparemment isolés de certaines fonctions. Le retour à la température normale d'un animal irradié est lent si on le compare au refroidissement d'un animal mort. Cependant dans quatre cas, et bien que les souris continuassent à vivre après l'exposition, leur température s'abaissa à la même vitesse que celle des souris mortes, et elles moururent quand leur température tomba vers 27°; on put retarder leur mort en les réchauffant. Tout se passa comme si la fonction thermo-régulatrice était complètement inhibée.

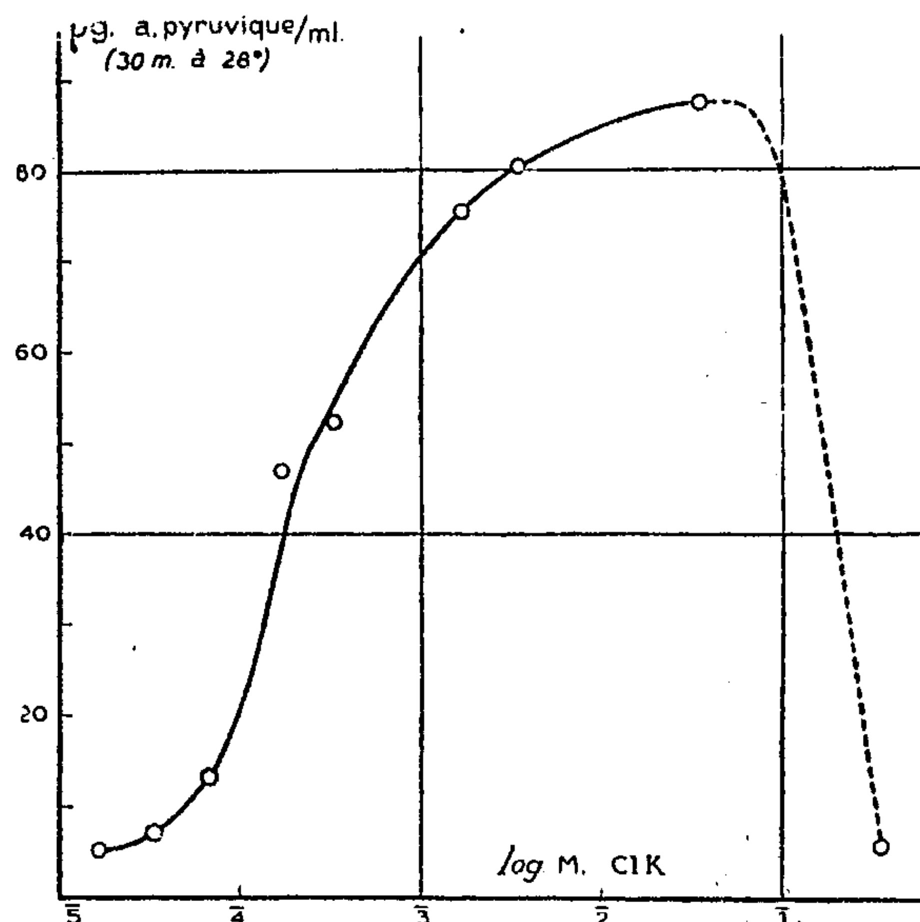
On vit en outre deux fois des hémiplégies et une paraplégie transitoires. Les souris retrouvèrent l'usage de leurs membres au bout de quelques heures.

Nous attribuons ces cas de mort en hyperthermie relative, de suppression de la fonction thermo-régulatrice, de lésions hémiplégiques ou paraplégiques, à une absorption élective de l'énergie par le système nerveux central avec atteinte d'une ou plusieurs fonctions bulbaires ou médullaires.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nécessité de l'ion potassium pour la décarboxylation oxydative bactérienne de l'acide malique en acide pyruvique.* Note (¹) de M. **André Lwoff** et M^lle **Hélène Ionesco**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le mutant S de la bactérie *Moraxella Lwoffi* produit directement, sans passage par l'acide oxalo-acétique, de l'acide pyruvique à partir de l'acide malique (²). Nous montrons que l'ion K est indispensable à cette oxydation.

Technique. — On prépare les milieux suivants : A. CO_3NaH, 3ᵍ, eau bidistillée 100ᵐˡ; B. $SO_4(NH_4)_2$ 10ᵍ, ClK 5ᵍ, SO_4Mg 0ᵍ,5, H_2O 100ᵐˡ; C. Citrate ferrique 0ᵍ,1, H_2O 100ᵐˡ; D. PO_4KH_2 1ᵍ, NaOH, *q. s.* pour pH 7,0, H_2O, *q. s.* pour 100ᵐˡ; E. Acide malique 5ᵍ, NaOH, *q. s.* pour pH 7,0, H_2O, *q. s.* pour 100ᵐˡ. Les solutions sont stérilisées : A, B, C et D, 20 minutes à 115°, E par filtration sur bougie. On ajoute à 96ᵐˡ de A, 1ᵐˡ de B, 0ᵐˡ,5 de C, 0ᵐˡ,35 de D et 3ᵐˡ,2 de E. Pendant 3 minutes, on fait barboter aseptiquement dans le milieu un mélange de CO_2 + air à 8,5 %. On ensemence avec une goutte d'une culture jeune diluée au 100ᵉ. On refait barboter le mélange gazeux pendant 3 minutes et l'on agite à 34°. Dans ces conditions, le phosphate du milieu est entièrement consommé lorsque les deux tiers environ de l'acide malique ont été métabolisés. Il y a alors accumulation dans le milieu de pyruvate qui est ensuite lentement oxydé. Après 16 heures d'agitation, cette oxydation étant terminée, les bactéries sont centrifugées, le culot suspendu dans de l'eau bidistillée; l'opération est répétée deux fois et les bactéries sont dialysées 24 heures contre de l'eau bidistillée.



Les bactéries ainsi préparées, en suspension dans une solution M/132 de malate de Na, produisent peu ou pas de pyruvate. Elles en produisent

(¹) Séance du 2 juin 1947.

(²) A. Lwoff et R. Cailleau, *Comptes rendus*, 224, 1947, pp. 678-699.

abondamment si on leur fournit du ClK ou du SO_4K_2. La courbe montre la production de pyruvate en fonction de la concentration en ClK. L'activité de l'ion K se manifeste aux environs de 1,5 à 3.10^{-5} M; elle atteint son maximum pour une concentration de 5 à 6.10^{-2} M (la position du point d'inflexion a été déterminée dans d'autres expériences).

Le tableau montre que l'ion K ne peut être remplacé par aucun des ions suivants : Na, Sr, Mg, Mn, Ni, Co, Cu et Zn.

Concentration moléculaire.	$1,2.10^{-3}$.	$1,7.10^{-4}$.	$8,5.10^{-5}$.	$8,5.10^{-6}$.	$8,5.10^{-7}$
ClK	+	+	+	o	–
Cl_2Sr ou ClNa ou SO_4Mg	o	o	–	–	–
Cl_2Mn	–	–	o	o	–
Cl_2Ni	–	o	o	o	–
SO_4Cu ou acétate de C_0	–	–	I* = 100 %	o	o
Acétate de Zn	–	–	I* = 100 %	I* = 67 %	o

*I = inhibition % en présence de ClK $1,2.10^{-3}$ M.

On sait que l'ion K intervient dans les réactions catalysées par les composés phosphorés de l'adénosine. Il est en particulier ([3]) indispensable à la réaction : phosphopyruvate + adénosine diphosphate (ADP) = pyruvate + adénosine triphosphate (ATP). On sait aussi ([4]) qu'il existe une relation entre la phosphorylation et l'oxydation des diacides en C_4 par les tissus animaux.

La nécessité de l'ion K pour la réaction malate → pyruvate semble impliquer l'intervention du phosphore; l'essentiel des réactions, en faisant abstraction des déshydrogénations, serait : 1° malate + ATP ⇌ phosphomalate + ADP; 2° phosphomalate ⇌ phosphopyruvate + CO_2; 3° phosphopyruvate + ADP ⇌ pyruvate + ATP.

Pour que la réaction 1 puisse se poursuivre, il faut que l'ADP soit à nouveau phosphorylé. En l'absence de phosphore exogène et en présence d'un excès de malate, il faut nécessairement qu'une autre réaction intervienne. Le phosphomalate doit se décarboxyler facilement et donner de l'acide phosphohydroxypyruvique.

La réaction 3 étant indispensable pour la resynthèse de l'ATP, la nécessité de l'ion K est expliquée, mais il est possible que celui-ci soit indispensable aussi pour la réaction 1. En tout cas, étant donné : 1° le point de départ : malate, et le point d'arrivée : pyruvate; 2° le caractère indispensable du potassium que nous venons d'établir, l'hypothèse d'un intermédiaire phosphorylé dans la décarboxylation oxydative du malate en pyruvate est plausible. Le mutant S

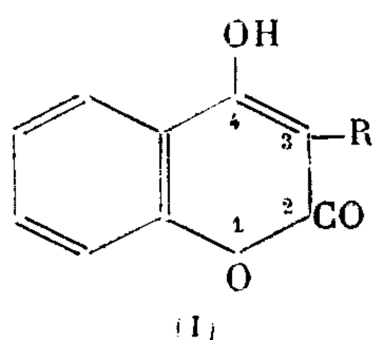
([3]) P. D. BOYER, H. A. LARDY et P. H. PHILLIPS, *J. Biol. Chem.*, **149**, 1943, p. 529.

([4]) H. A. LARDY, P. D. BOYER et P. H. PHILLIPS, *Arch. Biochem.*, 1944, pp. 295-296; H. A. LARDY et J. A. ZIEGLER, *J. Biol. Chem.*, **159**, 1945, pp. 343-351; V. R. POTTER, *Arch. Biochem.*, **6**, 1945, pp. 439-453.

de *Moraxella*, qui se distingue de la forme normale N par le pouvoir d'utiliser les diacides en C_4 comme aliment énergétique, serait alors caractérisé par la présence d'une phosphorylase spécifique pour ces diacides.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'activité antivitaminique* K (*hémorragique*) *d'une indanedione*. Note de MM. **Paul Meunier, Charles Mentzer** et **Darius Molho**, présentée par M. Maurice Javillier.

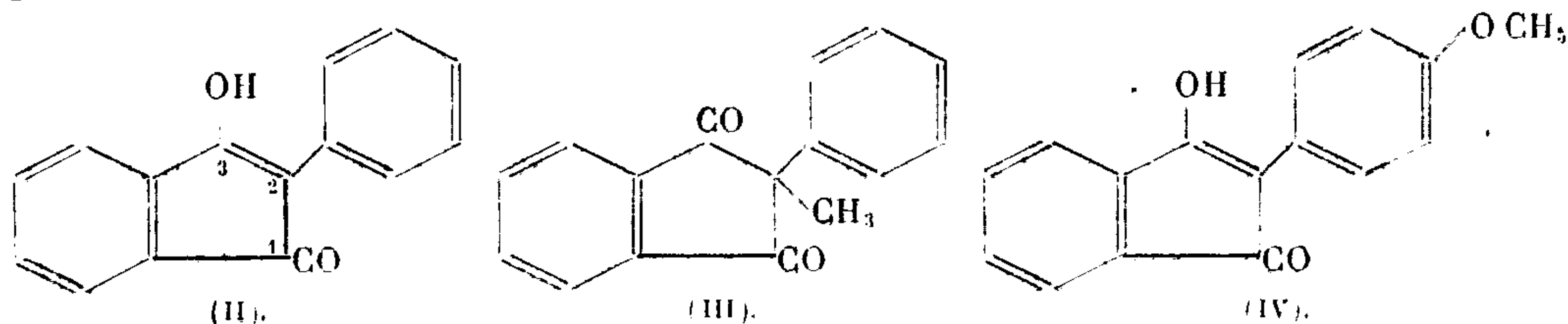
Au cours de recherches concernant les relations entre la structure et l'action antivitaminique K, deux d'entre nous ont étudié la série des hydroxy-4 coumarines de formule générale (I)



(I)

Dans cette série, le radical R joue un rôle déterminant en ce qui concerne les propriétés observées. Ainsi, la méthyl-3 hydroxy-4 coumarine ($R = CH_3$) se comporte comme une vitamine K, alors que la chloro-3 et la bromo-3 hydroxy-4 coumarine sont, au contraire, des antivitamines ([1]). Mais c'est surtout la phényl-3 hydroxy-4 coumarine ($R = C_6H_5$) qui a retenu notre attention. Cette substance est également capable de diminuer le taux de prothrombine ([2]), et nous nous sommes demandé dans quelle mesure des modifications chimiques apportées à une telle molécule pouvaient influencer ses propriétés biologiques.

En particulier, nous avons étudié les effets de la suppression de l'oxygène coumarinique situé en 1 dans le noyau pyronique et, fait intéressant, nous avons pu constater que la phényl indane dione (II) ainsi obtenue ([3]) conserve les propriétés antivitaminiques K.



(II). (III). (IV).

([1]) P. Meunier, Ch. Mentzer et A. Vinet, *Helv. Chim. Acta*, **29**, 1946, p. 1291.

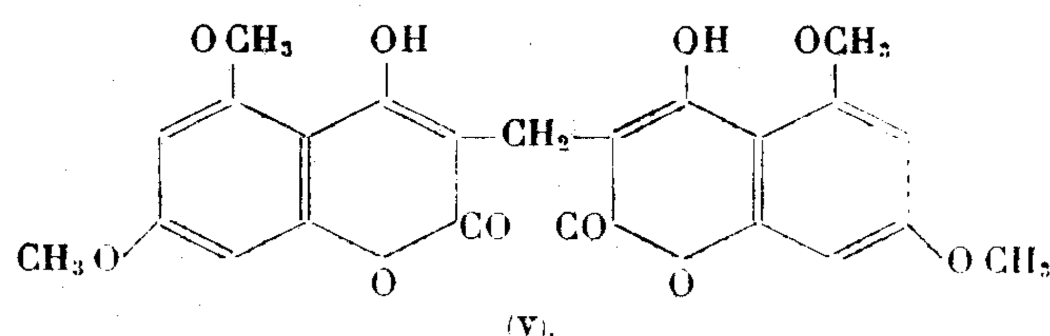
([2]) Comme l'ont déjà remarqué Overmann et ses collègues (*J. Biol. Chem.*, **153**, 1943, pp. 15-24).

([3]) Des indanediones plus compliquées ont été trouvées actives comme anti-prothrombinémiants par Kabat, Stohlmann et Smith (*J. Pharmacol.*, **80**, 1944, pp. 160-169).

A $2^{mg},5$ *per os*, elle est encore efficace chez le lapin de deux kilos (abaissement de 50 % du taux de prothrombine).

Son activité est relativement fugace, alors que celle des hydroxy-4-coumarines se prolonge en général pendant plusieurs jours. Cependant, comme dans le cas du dicoumarol, l'activité semble liée à l'existence du groupement énolique en 3. En effet, si l'on interdit l'énolisation de la molécule, le pouvoir hypoprothrombinémiant disparaît complètement, comme le prouve l'inactivité du corps (III), dans lequel il existe un groupement méthyle fixé en position 2 sur le même carbone que le phényle.

La présence de substituants sur les noyaux aromatiques semble également contre-indiquée, comme dans le cas du dicoumarol; ainsi la *p-méthoxy-phényl-indanedione* (IV) est inactive au même titre que la méthylène-3.3'-bis-[hydroxy-4-di-méthoxy-5.7]-coumarine (V)



(V).

Le parallélisme entre la série des hydroxy-4-coumarines et la série des indanediones semble d'ailleurs très limité; en effet, la méthylène-2.2'-bis-[indanedione], dont la structure est pourtant toute proche de celle du dicoumarol, est dépourvue d'activité hémorragique comme l'ont déjà montré Jansen et Jensen ([4]) Les raisons d'une telle anomalie restent à élucider.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les propriétés du groupe peptidique.* Note ([1]) de M. **Michel Backes**, présentée par M. Jacques Trefouël.

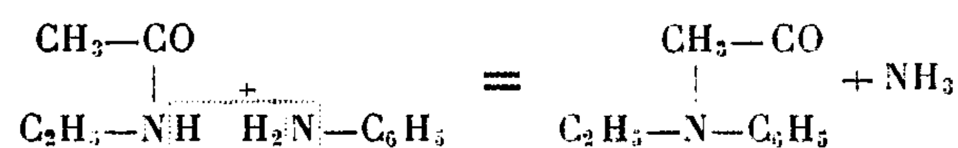
Le groupe peptidique étant d'après Fischer la partie essentielle des protéines, nous nous sommes proposé d'étudier ses propriétés en partant de composés ne contenant pas d'autre groupe fonctionnel : les amides monosubstitués sur l'azote.

Le N-éthylacétamide se condense à 60° avec l'aniline en présence d'une molécule de $POCl_3$ pour donner le N-phényl N-éthylacétamide avec un rendement de 30 %. Ce composé a été identifié par son point de fusion (51°) et par son dérivé nitré, le N-*p*-nitrophényl-N-éthylacétamide (F 117°) qui, par hydrolyse, fournit le N-*p*-nitrophénylacétamide (F 96°). Le N-éthylacémide

([4]) *Z. Physiol. Chem.*, 277, 1942, p. 66.

([1]) Séance du 2 juin 1947.

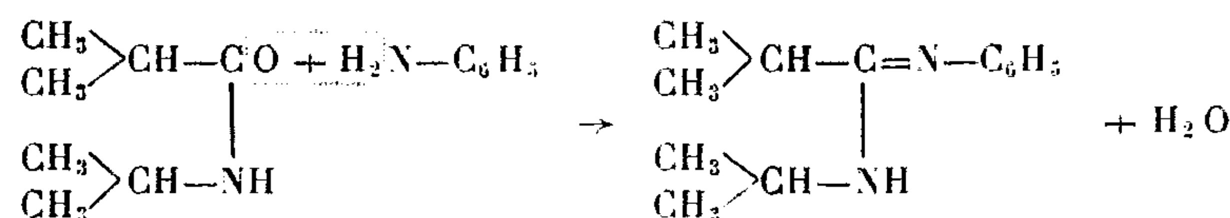
réagit donc avec l'aniline par l'intermédiaire de l'hydrogène du groupe — NH — avec élimination d'ammoniac



Le N-isopropylisobutyramide agit d'une façon différente sur l'aniline. La condensation a lieu à 60-70° en présence d'une molécule de $POCl_3$. Nous avons obtenu avec un rendement de 48 % la N-phényl-N-isopropylisobutyramidine $C_{13}H_{20}N_2$.

Analyse	C (%).	H (%).	N (%).
Trouvé	76,67	9,88	13,3
Calculé	76,47	9,80	13,7

C'est une substance cristalline blanche dont le point de fusion est de 68-68°,5 et qui distille sous la pression de 19^{mm} Hg à 142-143°. A la température ordinaire elle est insoluble dans l'eau et très soluble dans l'alcool. Peu soluble à froid dans l'éther de pétrole (É 80-100°), elle s'y dissout bien à chaud. Elle ne fixe pas d'hydrogène à température et à pression ordinaires en présence de palladium catalytique. Le N-isopropylisobutyramide agit donc sur l'aniline par l'intermédiaire de l'oxygène du —CO— avec élimination d'eau.



Elle se comporte comme les amides non substitués qui ont été condensés avec l'aniline par Drozdow et Bekhli ([2]). La comparaison des deux résultats montre que le groupe — CO — NH — des amides monosubstitués réagit tantôt par l'intermédiaire du — CO —, tantôt par celui du — NH. Il y a donc une stucture variable qui pourrait s'expliquer par une énolisation variable avec la nature des substituants.

L'aniline ne se condense pas avec la glycylglycine, ni avec la dicétopipérazine à 100° en présence de $POCl_3$. Ce résultat pouvait être dû à priori à l'insolubilité de la glycylglycine et de la dicétopipérazine dans l'aniline. Pour disposer d'un solvant anhydre, nous avons vérifié que : 1° l'acétamide rigoureusement sec ne réagit pas avec $POCl_3$ à des températures inférieures à 80°; 2° l'aniline en solution dans l'acétamide se combine avec $POCl_3$ sans perdre son individualité chimique. Mais si la température dépasse 90°, il se forme peu à peu de l'acétanilide.

([2]) *Jour. Gén. Chimie* (U. R. S. S.), 14, 1944, p. 472.

Nous avons répété la condensation du N-isopropyl-isobutyramide avec l'aniline par une molécule de $POCl_3$ au sein de l'acétamide. La N-phényl N-isopropyl-isobutyramidine se forme encore avec un rendement de 12 %. La glycylglycine, même en solution dans l'acétamide, ne se condense pas avec l'aniline par $POCl_3$.

Dans l'espoir d'obtenir une réaction simultanée sur le —CO— et sur le —NH—, nous avons fait agir le bromhydrate de bromo-3-propylamine sur le N-isopropyl-isobutyramide. Le groupe NH_2 réagissant avec le —CO— et le Br s'éliminant avec l'hydrogène du —NH—, il devrait en résulter une tétrahydropyrimidine substituée. Il n'en est rien.

Le mélange des deux composés ne donne lieu à aucune réaction jusqu'à 205°. En opérant en présence de $POCl_3$, celui-ci décompose l'amide, à partir de 130°, en chlorure d'isobutyryle et un dérivé chloro-phosphorylé de l'isopropylamine. La bromo-3-propylamine libre résiste si peu à la chaleur que nous avons dû l'employer en solution diluée dans l'éther. A l'ébullition de l'éther et en présence de différents agents de condensation (CO_3K_2, $ZnCl_2$), aucune condensation avec le N-isopropyl-isobutyramide n'a été observée.

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'action d'une hormone corticosurrénale préparée par voie de synthèse (acétate de 11-déhydrocorticostérone) chez des animaux traités par une endotoxine bactérienne.* Note de M. Albert Delaunay et Mme Jacqueline Lebrun, transmise par M. Gaston Ramon.

En règle générale, les animaux surrénalectomisés sont beaucoup plus sensibles que les animaux normaux aux agressions bactériennes, mais on peut augmenter leur résistance en les traitant par des extraits du cortex surrénal. Le fait est bien connu. Prenons l'exemple du bacille typhique. Dès 1932, Fr. A. Hartman et W. J. Merle Scott (1) parviennent à protéger des rats surrénalectomisés contre l'action nocive de bacilles d'Eberth tués avec des extraits totaux du cortex surrénal. Leurs expériences sont confirmées en 1940 par L. N. Ettelson (2) et en 1946 par L. A. Lewis et I. H. Page (3), ces derniers auteurs ayant mis en œuvre, non plus des extraits totaux, mais des hormones corticosurrénales isolées et purifiées. Il nous a paru intéressant de compléter ces premiers travaux en utilisant, d'une part, à la place des germes tués, l'endotoxine typhique en solution, et, d'autre part, l'acétate de 11-déhydrocorticostérone, hormone corticosurrénale qu'on sait aujourd'hui obtenir par voie de synthèse.

18 souris blanches sont surrénalectomisées. 9 d'entre elles sont ensuite traitées par des doses variables de l'hormone en cause (1 ou 2mg), injectée en suspension dans l'eau par la voie intrapéritonéale. 24 ou 48 heures après l'opération, elles reçoivent enfin, dans une des

(1) *J. exp. Med.*, 55, 1932, p. 63.
(2) *Endocrinol.*, 27, 1940, p. 340.
(3) *J. Labo. a. clin. Med.*, 31, 1946, p. 1325.

veines caudales et en même temps que les 9 souris surrénalectomisées témoins, une solution aqueuse renfermant, sous le volume d'un demi-centimètre cube, 1/10e de milligramme d'endotoxine. Cette injection, elle-même, a été parfaitement supportée, mais ultérieurement, nous avons pu noter d'importantes différences dans la durée de survie des 18 animaux. Toutes les souris témoins sont mortes rapidement, soit en moins d'une demi-heure (6 animaux), soit en 2 heures (2 animaux), soit en moins de 18 heures (1 animal). Les souris traitées par l'hormone ont, en revanche, résisté bien davantage : une souris seulement est morte en 30 minutes, une autre a succombé en 24 heures, une enfin en 5 jours; toutes les autres ont survécu. Nous les avons sacrifiées au bout de 10 jours pour vérifier chez elles l'absence de surrénales accessoires.

L'action protectrice remarquable exercée par l'acétate de 11-déhydrocorticostérone chez les souris privées de surrénales ne se retrouve plus lorsqu'on opère sur des animaux normaux ayant conservé ces glandes. L'expérience suivante nous l'a montré. 6 souris témoins et 6 souris traitées au préalable (3 heures avant l'injection du poison) par 1mg de déhydrocorticostérone injecté dans le péritoine ont reçu par voie intraveineuse 1mg d'endotoxine. Elles ont toutes succombé en moins de 18 heures, sans qu'il nous ait été possible de relever, de la part de l'hormone, la moindre influence protectrice. Nous avons fait des observations analogues chez le cobaye normal : l'endotoxine typhique, introduite chez cet animal par la voie intraveineuse, exerce la même action nocive, qu'elle ait été injectée seule ou en mélange avec de fortes quantités d'hormone (1 ou 2mg). Il nous a même semblé, dans quelques cas, que la 11-déhydrocorticostérone avait plutôt hâté l'évolution de l'intoxication.

Pour comprendre les faits discordants rapportés dans cette Note, on peut, croyons-nous, imaginer l'explication suivante. Une certaine quantité d'hormones corticosurrénales serait indispensable pour que les moyens de défense non spécifiques de l'organisme s'exercent convenablement. Mais l'effet favorable de ces principes ne serait pas toujours proportionnel à la concentration mise en jeu. En excès, ces hormones risqueraient même d'être dangereuses. On sait déjà qu'elles sont capables, à elles seules, de déterminer toute une série de troubles vasculaires et d'altérations histologiques (nous reviendrons d'ailleurs prochainement sur ces points). Par leur caractère démesuré, ces diverses réactions tissulaires pourraient suffire à mettre l'organisme en état de moindre résistance ([1]).

Ainsi nos expériences nous semblent instructives à divers titres : 1° elles complètent les travaux américains; 2° elles confirment l'activité physiologique de la 11-déhydrocorticostérone; 3° elles établissent enfin l'importance du cortex surrénal dans la défense de l'organisme contre les endotoxines, mais elles indiquent aussi qu'il existe des limites à l'action favorable des hormones en cause.

([1]) Dans ces conditions, on comprendrait pourquoi l'administration d'hormones corticosurrénales chez des blessés en état de choc traumatique, tantôt améliore, tantôt aggrave l'état clinique des malades.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Étude de la réaction vasculaire au cours de l'intoxication typhique expérimentale.* Note ([1]) de MM. **Paul Boquet**, **Daniel Bovet** et Mme **Yvonne Lehoult**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'intoxication expérimentale du Lapin par l'endotoxine typhique est caractérisée par de la pâleur et un refroidissement précoce de la peau. Ce phénomène se manifeste moins de 30 minutes après l'injection dans la veine auriculaire du Lapin, d'une dose mortelle en 5 à 8 heures d'un complexe glucido-lipido-polypeptidique typhique ([2]). Il est concomitant d'une diminution du nombre des leucocytes dans le sang; d'autre part, les cellules blanches n'émigrent plus hors des vaisseaux vers des substances chimiotactiques introduites dans les tissus ([3]).

A cette phase initiale de l'intoxication, le contraste est évident entre l'intensité de la réaction cutanée et la stabilité de la pression artérielle ([2]).

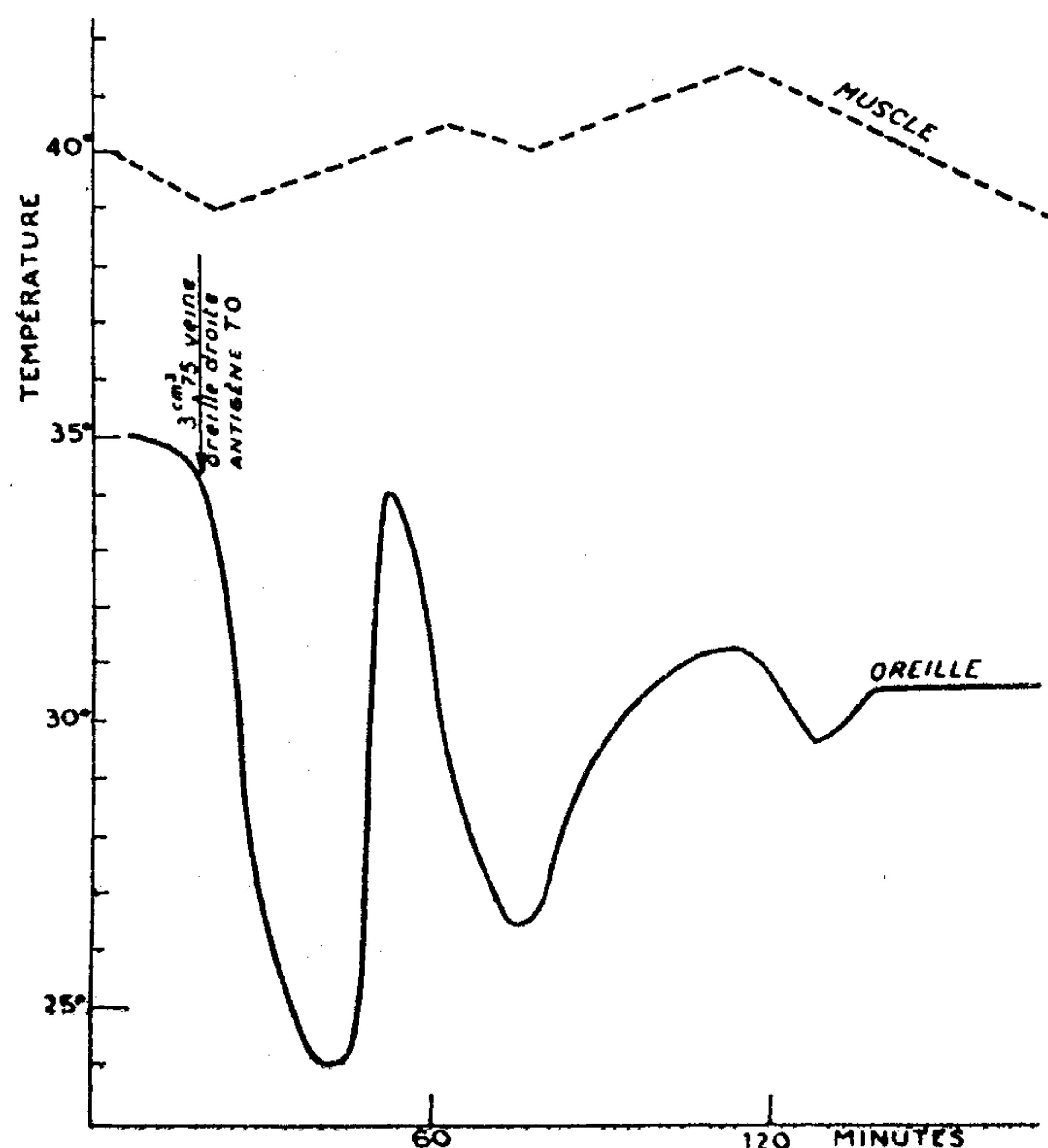


Fig. 1.

Étant donnée l'importance physiopathologique de cette réaction, nous avons essayé d'en déterminer l'intensité au moyen de couples thermo-électriques. Les

([1]) Séance du 28 mai 1947.

([2]) P. Boquet, A. Delaunay, Y. Lehoult et J. Lebrun, *C. R. Soc. Biol.*, séance du 29 Mars 1947.

([3]) A. Delaunay et J. Pages, *Ann. Inst. Pasteur*, 71, 1945, p. 431.

variations de la température de la peau ont ainsi été comparées aux variations de la température centrale chez les lapins soumis à une intoxication par l'endotoxine typhique préparée selon la méthode de A. Boivin.

L'injection à des lapins de 2 à 4^{cm^3} de solution physiologique ou de bouillon peptoné dans la veine auriculaire, ne modifie ni leur température interne prise dans la profondeur de la masse musculaire du cou, ni leur température périphérique mesurée sur la peau du pavillon de l'oreille, l'expérience étant faite dans une enceinte fermée dont l'atmosphère est maintenue à 23°. Au contraire, chez les lapins qui ont reçu 5 à 15 minutes auparavant, une dose inframortelle (2 à 4 mg/s) d'endotoxine typhique par la voie veineuse, ou 35 minutes auparavant une injection sous-cutanée de la même quantité du même poison,

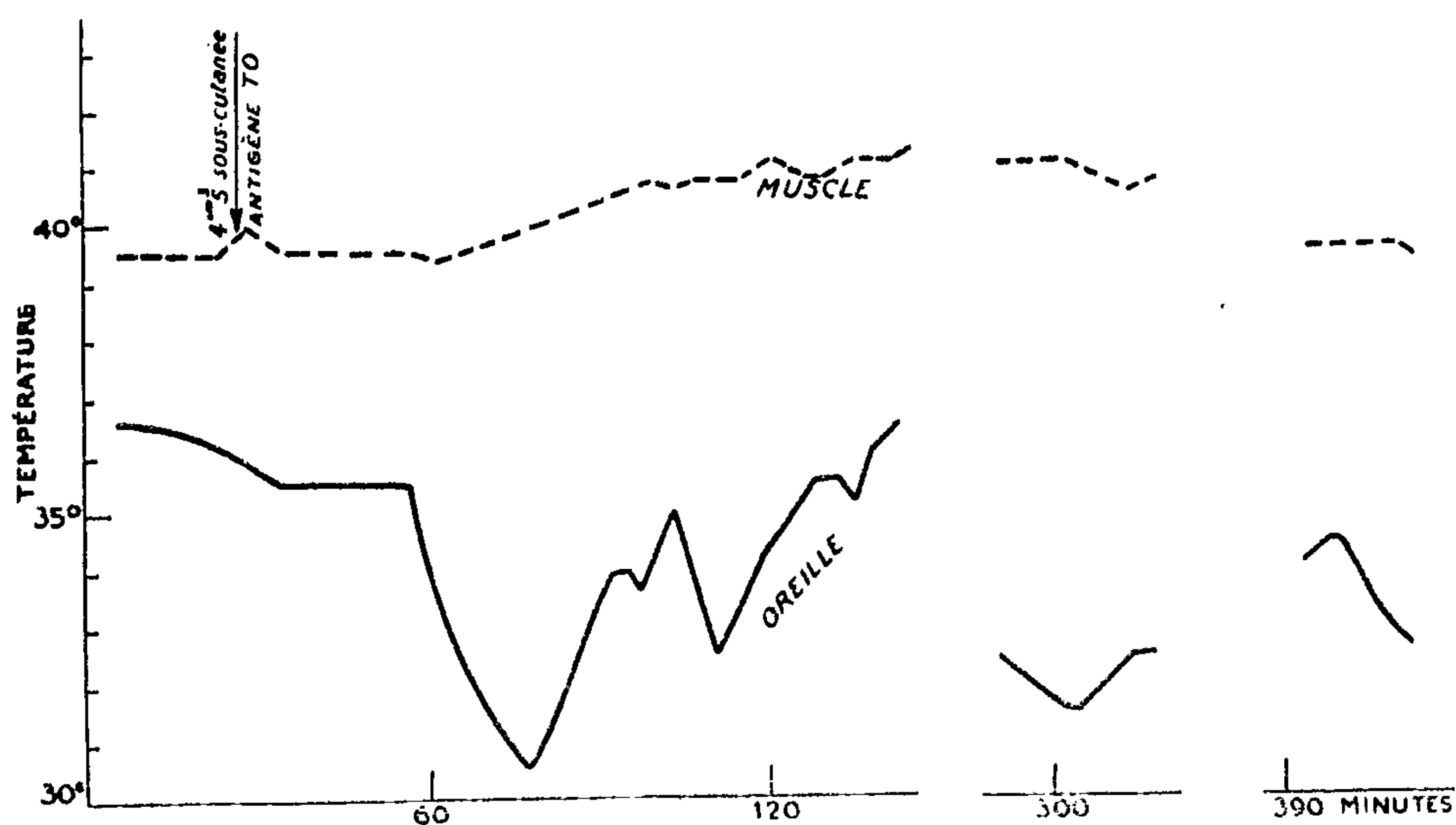


Fig. 2.

on note un refroidissement rapide du revêtement cutané qui atteint 5, 8 et parfois 10° en 10 minutes. La température interne, stable pendant les 30 minutes qui suivent ces épreuves, s'élève ensuite modérément de 1 à 2° au maximum et se maintient à ce niveau pendant 1 à 3 heures. Au cours de cette poussée hyperthermique, la température de la peau se relève et présente des oscillations plus ou moins étendues, mais elle baisse de nouveau lorsque la température centrale redevient normale.

Les modifications de la température périphérique étant liées aux variations du débit sanguin artériolaire et capillaire de la peau, il apparaît que le signe initial de l'intoxication typhique expérimentale est une réaction vasoconstrictive des petits vaisseaux cutanés. Cette réaction se prolonge et même s'intensifie pendant toute la durée de la phase au cours de laquelle les autres symptômes de la maladie s'extériorisent.

En se fondant sur les expériences de Boivin et de Mesrobeanu ([4]) concernant l'action hyperglycémiante de l'antigène glucido-lipido-polypeptidique des bactéries, et sur celles de Denis ([5]) qui a observé la disparition de la substance chromaffine des surrénales du Lapin trois heures après l'injeetion du même antigène, on inclinerait à penser que la vasoconstriction ainsi constatée est la conséquence d'une libération de l'adrénaline surrénalienne ([6]).

Mais si l'on compare le développement progressif de la réaction vasculaire à la stabilité de la pression artérielle au cours de l'intoxication typhique expérimentale, il apparaît que sous l'influence de l'endotoxine typhique l'organisme met vraisemblablement en jeu d'autres facteurs humoraux ou neuro-végétatifs.

ÉPIDÉMIOLOGIE. — *Le Mérion (Mériones shawi) de la région de Goulimine est un réservoir de virus de la Q. fever marocaine.* Note ([1]) de MM. **Georges Blanc, Louis André Martin** et **A. Maurice**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Dans la nature, *Rickettsia burneti*, agent de la Q. fever, a été rencontrée chez quelques espèces d'ixodidés : *Haemaphysalis humerosa* en Australie, *Dermacentor andersoni*, *D. occidentallis* et *Amblyomma americanum* aux États-Unis et *Hyalomma savignyi* au Maroc. Le seul vertébré actuellement connu comme réservoir de virus est un marsupial insectivore, *Isodon torosus*, commun dans le Queensland.

Nous venons de trouver au Maroc un rongeur spontanément infecté, le mérion (*Meriones shawi*), dans la région même où nous avons trouvé les Hyalommas infectés. Jusqu'à présent nous avons isolé 4 souches de Q. fever de ces ixodidés de la région de Goulimine. Une provient de Hyalommas capturés au sol près des terriers de mérions, deux proviennent d'un mélange de Hyalommas capturés sur chèvres et moutons, un dernier lot provenait uniquement de chèvres. Ce fait nous a incités à suspecter le rôle de la chèvre comme agent propagateur de la Q. fever par le transfert qu'elle peut faire à distance de tiques infectés. Ce rôle devant être naturellement de première importance si ces animaux étaient réceptifs à la Q. fever. Or nous avons pu infecter facilement la chèvre qui fait une maladie fébrile sévère au cours de laquelle le virus peut être isolé du sang; le rôle de la chèvre comme réservoir de virus de la Q. fever peut donc être fortement suspecté. Des recherches en cours nous permettront de préciser ce point.

([4]) *C. R. Soc. Biol.*, **117**, 1934, p. 273.

([5]) *Proceed. Soc. exp. Biol. a. Med.*, 42, 1939, p. 553.

([6]) P. Boquet, *Rev. d'Immunol.*, 7, 1942, p. 152 ; A. Penner et A. Bernhein, *J. exp. med.*, 76, 1942, p. 271.

([1]) Séance du 28 mai 1947.

Par contre le rôle du mérion comme réservoir de virus est évident. Frappés du fait que nous trouvions des Hyalommas non loin des terriers de mérions, nous avons pensé que peut-être à l'état larvaire et à l'état nymphal ils pouvaient parasiter ces rongeurs. Effectivement nous avons capturé sur des mérions des nymphes de Rhipicephalus et des nymphes de Hyalomma. Bien que ces ixodidés ne fussent point infectés, nous avons pensé que le mérion pouvait être un réservoir de virus, connaissant sa sensibilité au virus de la Q. fever (²). Les mérions étant peu abondants au moment de nos recherches, nos expériences ont été peu nombreuses et ne permettent pas d'établir un pourcentage des animaux naturellement infectés. De ce premier sondage il ressort cependant qu'il doit être élevé dans la région de Goulimine, car sur 3 lots de rates de mérions deux souches furent isolées. Une première le fut d'un mélange de 2 rates broyées ensemble et inoculées sous la peau de la cuisse d'un cobaye. L'incubation de la maladie a été longue, comme il arrive lorsque le virus est pauvre. Or, les rates broyées en suspension physiologique n'avaient été inoculées que plusieurs jours après le prélèvement, et il est possible que l'infection des rongeurs fût ancienne (³). La deuxième souche a été isolée du mélange de 4 rates prélevées et broyées dans de mauvaises conditions de travail, et le milieu était légèrement putréfié au moment de sa réception. Cependant le liquide filtré sur bougie L 2 et inoculé au cobaye à la cuisse par voie sous-cutanée, déterminait une Q. fever typique, après 10 jours d'incubation; les deux souches croisées avec des souches isolées de Hyalomma présentent les unes vis-à-vis des autres une immunité totale.

En résumé les mérions de la région de Goulimine se présentent comme un important réservoir de virus de la Q. fever marocaine.

A 16ʰ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16ʰ45ᵐ.

L. B.

(²) G. Blanc, L. A. Martin et A. Maurice, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 439.

(³) R. R. Parker et E. A. Steinhaus (*Publ. Health. Rep.*, 58, 1943, p. 523) ont pu retrouver le virus dans la rate du cobaye infecté après 120 jours.

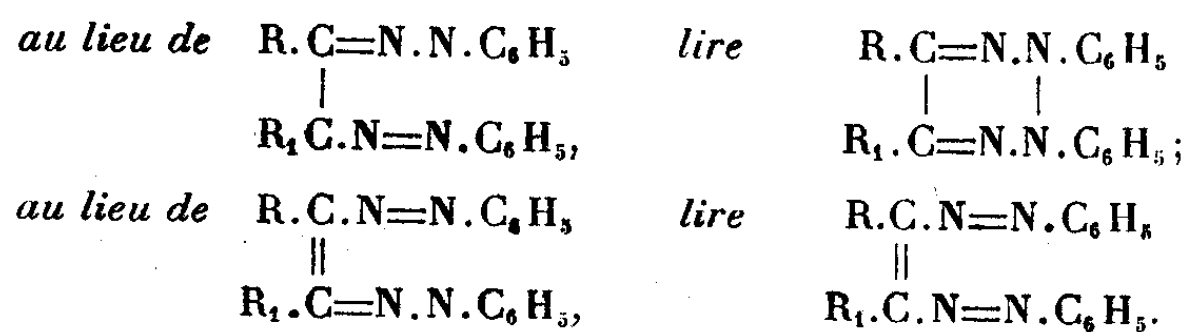
ERRATA.

—

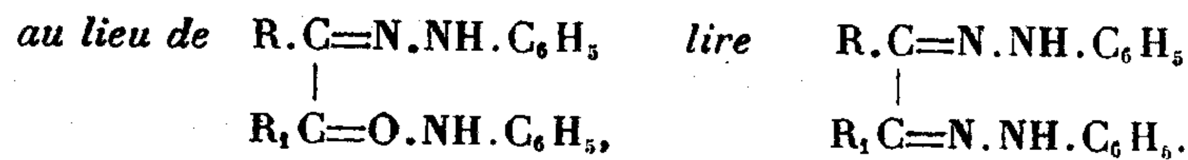
(Séance du 12 mai 1947.)

Note de M. *Panos Grammaticakis*, Sur la structure de quelques osotétrazines et tétrazanes d'après leurs spectres d'absorption :

Page 1510, ligne 2,



Page 1511, ligne 4, formule (III),



(Séance du 28 mai 1947.)

Note de M. *Dimitri Riabouchinsky*, Génération et variation de la circulation par l'effet de puits :

Page 1466, 6e ligne, *au lieu de* vers l'extérieur, *lire* vers l'intérieur; les deux lignes précédant la dernière, *au lieu de* engendre une circulation autour du corps, s'il y a lieu de la cavité, *lire* engendre une circulation autour du corps, s'il y a lieu, et une circulation autour de la cavité; dernière ligne, *au lieu de* source-tourbillon, *lire* puits-tourbillon.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AVRIL 1947.

Le docteur Alexandre Yersin. Esquisse de ce qu'il fut et de ce qu'il fit, par HENRI JACOTÓT. Extrait du *Bulletin de la Société des études indochinoises* (1er trimestre 1944). Saïgon, S. I. L. I., 1944; 1 fasc. 25cm.

Annuaire pour l'an 1947, publié par le BUREAU DES LONGITUDES. Paris, Gauthier-Villars, 1947; 1 vol. 19cm.

Supplément à la flore générale de l'Indochine, publié sous la direction de H. HUMBERT. Tome premier. Fasc. 5. *Balsaminacées* (fin), par Mme TARDIEU-BLOT; *Rutacées*, par A. GUILLAUMIN; *Simaroubacées, Irvingiacées, Ochnacées*, par F. GAGNEPAIN; *Burséracées*, par A. GUILLAUMIN; *Méliacées*, par F. GAGNEPAIN. Paris, Muséum national d'histoire naturelle, Phanérogamie, 1946; 1 vol. 25cm.

Tables numériques universelles, par MARCEL BOLL. Paris, Dunod, 1947; 1 vol. 27cm,5.

La vie de Benjamin Balansa, botaniste explorateur, par GASTON ASTRE, in *Les livres du Muséum*. Toulouse, Les frères Douladoure, 1947; 1 vol. 18cm,5.

The future of nuclear Science. Princeton University. Bicentennial Conferences. Series I. Conference I. 1746-1946. Princeton, University, 1946; 1 fasc. 22cm.

Papyrus Michigan III 150, par EUGÈNE DELPORTE. Extrait de la *Chronique d'Égypte*, XXIIe année, no 43. Bruxelles, 1947; 1 fasc. 24cm,5.

Nouvelle théorie des piles électriques. Rôle des électrons. Piles contredisant le second principe de la thermodynamique. Questions connexes, par VASILESCO KARPEN. Bucarest, 1944; 1 vol. 24cm,5.

The Trematoda of British Fishes, by BEN DAWES, in *The Royal Society*. London, Bernard Quaritch, 1947; 1 vol. 22cm,5.

Carte de la végétation de la France. Toulouse, par HENRI GAUSSEN et PAUL REY, publiée par le Centre national de la recherche scientifique, au 1/200000e. Toulouse, Institut géographique national, 1947; 1 pl. 106cm × 71cm (présentée par M. R. Heim).

Synthesis of Hexitols and Pentitols from unsaturated polyhydric Alcohols, by ROBERT LESPIEAU, in *Advances in Carbohydrate Chemistry*, vol. 2, 1946. New-York, Academic Press; 1 fasc. 23cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 JUIN 1947.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI VILLAT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à MM. **PIERRE SERGESCO**, Recteur de l'École Polytechnique de Bucarest, et **OTTON NIKODYM**, Professeur à l'École Polytechnique de Cracovie, qui assistent à la séance.

M. **RENÉ BARTHÉLEMY** dépose sur le Bureau une *Notice* sur la vie et l'œuvre de son prédécesseur, GEORGES CHARPY, qui sera imprimée dans le Recueil des *Notices et Discours*.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les solutions d'Euler et de Lagrange du problème des trois corps*. Note de M. **JEAN CHAZY**.

On connaît deux solutions rigoureuses et simples du problème des trois corps, où les trois distances mutuelles conservent des rapports constants. Euler a obtenu (1) la première solution dans le cas où les trois corps sont constamment en ligne droite; le rapport de leurs distances est donné en fonction des masses par une équation algébrique linéaire par rapport aux masses et du cinquième degré par rapport aux distances. Lagrange, peu après, a déterminé (2) tous les mouvements du problème des trois corps où les distances mutuelles ont des rapports constants. Il a trouvé à nouveau la solution d'Euler, a obtenu une seconde solution où les trois corps forment constamment un triangle équilatéral, quelles que soient les valeurs des trois masses; et il a démontré qu'il n'existe pas d'autre solution que ces deux-là satisfaisant à la condition énoncée. D'ailleurs, dans les deux solutions, chacun des trois corps se meut comme attiré par le centre de gravité commun en raison inverse du carré de la distance; les mouvements correspondants se réduisent ainsi à des mouvements du problème des deux corps.

---

(1) *Considérations sur le problème des trois corps* (*Histoire de l'Académie royale des Sciences et Belles-Lettres*, Berlin, 1763, pp. 194-220).

(2) *Essai sur le problème des trois corps* (*Recueil des pièces qui ont remporté les prix de l'Académie royale des Sciences*, Paris, 1772, fin; *Œuvres*, 6, pp. 229-331).

L'analyse de Lagrange est longue, mais d'ailleurs comporte quantité d'équations qui peuvent être utiles dans d'autres questions : cette analyse a été reprise et quelque peu simplifiée ([3]) par Tisserand. Laplace, dans le mouvement plan des trois corps, puis dans l'espace Brendel ont retrouvé ([4]) les solutions d'Euler et de Lagrange par des calculs nouveaux. Dans le cas particulier où les trois distances mutuelles ont, non seulement des rapports constants, mais même des valeurs constantes, et dans le mouvement plan, Levi-Civita et Amaldi ont retrouvé ([5]) les solutions d'Euler et de Lagrange par application de la théorie des solutions stationnaires, selon le terme de Routh; et Whittaker a retrouvé ([6]) ces deux solutions, dans le même cas et dans l'espace, par application d'une réduction à l'ordre 6 du système différentiel du problème des trois corps. Mais la question posée par Lagrange a été résolue ([7]) complètement dans ses deux parties par Carathéodory, selon un calcul qui semble définitif, qui est simple, et, dans le cas où les trois corps forment un véritable triangle, essentiellement nouveau. Je veux ici ajouter trois remarques au calcul de Carathéodory et à d'autres.

1. La première remarque, géométrique comme la deuxième, s'applique au cas traité par Euler, c'est-à-dire au cas où les trois corps, A, B, C, de masses m_1, m_2, m_3, restent en ligne droite, soit dans l'ordre A, B, C.

Les attractions exercées sur le corps A par les corps B et C passent au centre de gravité O, situé aussi sur la droite commune, et que nous supposons fixe : donc chaque corps est soumis à une force centrale, et se meut dans un plan passant par O, suivant la loi des aires autour du point O. En outre les attractions exercées par les corps B et C sur le corps A, et par conséquent leur résultante, évidemment dirigée de A vers O, varient en raison inverse du carré de l'une quelconque des longueurs de la figure formée par les quatre points A, B, C, O, notamment de la distance AO. Donc le point A se meut comme attiré par le point O avec l'accélération de valeur absolue

$$\frac{\mu}{\overline{AO}^2} = \frac{fm_2}{\overline{AB}^2} + \frac{fm_3}{\overline{AC}^2},$$

où f est la constante classique, et où le coefficient μ est constant au cours du mouvement. Par suite, le corps A a autour du point O un mouvement elliptique,

---

([3]) *Traité de Mécanique céleste*, 1, pp. 128-158.

([4]) LAPLACE, *Mécanique céleste*, 2e partie, livre X, Chap. 6; *Œuvres*, 4, pp. 342-349; voir aussi CHARLIER, *Die Mechanik des Himmels*, 2e éd., 2, 1927, pp. 89-102; BRENDEL, *Monatshefte für Mathematik und Physik*, 43, 1936, pp. 298-304; voir aussi HAPPEL, *Das Dreikörperproblem*, Leipzig, 1941, pp. 452-459.

([5]) *Lezioni di Meccanica razionale*, II, 2, Bologne, 1927, pp. 404-408.

([6]) *Analytical dynamics*, Cambridge, 1904, pp. 378-381.

([7]) *Sitzungsberichte der Math.-naturw.* (*Abteilung der bayerischen Akad. der W. zu München*, 1933, pp. 257-267).

hyperbolique, parabolique ou rectiligne, disons simplement un mouvement newtonien. Ainsi dans la solution considérée *les trois corps ont autour du centre de gravité O des mouvements newtoniens homothétiques.*

Les trois masses étant données, le rapport constant des distances mutuelles, soit BC/AB, ne peut avoir une valeur quelconque; il est la racine d'une équation du cinquième degré formée par Euler, selon une méthode qui n'a pas été simplifiée.

2. La seconde remarque concerne le cas où les trois corps forment un véritable triangle, et la nécessité de la forme équilatérale de ce triangle.

Les attractions exercées sur le corps A par les corps B et C sont sur les droites AB et AC proportionnelles aux deux quotients $m_2/\overline{AB}^2$ et $m_3/\overline{AC}^2$; or, si l'on considère les axes de coordonnées obliques AB et AC, le vecteur $\overline{AO}$ joignant le corps A au centre de gravité O, est égal au quotient par la masse des trois corps du vecteur $m_2\overline{AB}+m_3\overline{AC}$, et a ses deux composantes proportionnelles aux quantités m_2AB et m_3AC. Donc, *une fois démontré que la résultante des attractions exercées sur le corps* A *par les corps* B *et* C *passe au centre de gravité, il résulte que les distances* AB *et* AC *sont égales, le triangle* ABC *est isocèle, et réciproquement.*

3. La troisième remarque est relative à la variation en fonction du temps d'une longueur du triangle des trois corps, variation donnée *a priori* par une équation différentielle très simple.

En effet, dans son Mémoire, Lagrange a formé notamment une équation différentielle entre les trois distances mutuelles, qui est devenue classique, et que Jacobi a étendue au problème des n corps, soit

$$\frac{d^2\mathrm{I}}{dt^2}=2\mathrm{U}+4h, \tag{1}$$

où l'on a

$$\mathrm{I}=\frac{m_2m_3\overline{\mathrm{BC}}^2+m_3m_1\overline{\mathrm{CA}}^2+m_1m_2\overline{\mathrm{AB}}^2}{m_1+m_2+m_3},\qquad \mathrm{U}=f\left(\frac{m_2m_3}{\mathrm{BC}}+\frac{m_3m_1}{\mathrm{CA}}+\frac{m_1m_2}{\mathrm{AB}}\right),$$

et où h désigne la constante des forces vives, différence entre la fonction de forces U et la demi-force vive des trois corps dans le mouvement autour du centre de gravité O.

Si, par exemple, l'on met en évidence la distance $\mathrm{OA}=r$, et si le triangle des trois corps a une forme invariable, l'équation (1) devient

$$\frac{d^2(r^2)}{dt^2}=\frac{2\mu}{r}+4h_1,\qquad \text{avec}\quad \mu=\frac{r^3\mathrm{U}}{\mathrm{I}}, \tag{2}$$

μ désignant ainsi une quantité constante dépendant de la forme du triangle des trois corps, et h_1 une constante équivalente à h. De l'équation (2) on déduit les équations

$$\left(\frac{dr}{dt}\right)^2=\frac{2\mu}{r}+2h_1+\frac{k}{r^2},\qquad \frac{d^2r}{dt^2}=-\frac{\mu}{r^2}-\frac{k}{r^3},$$

où k désigne une seconde constante d'intégration : équations de forme classique d'un mouvement newtonien, dans lequel par unité de masse le coefficient attractif est μ, la constante des forces vives h_1, et le carré de la constante des aires — k; ce qui est une partie du résultat énoncé plus haut.

Ainsi, *a priori la variation en fonction du temps d'une longueur quelconque du triangle des trois corps supposé de forme invariable est identique à la variation du rayon vecteur d'un mouvement newtonien.*

MICROBIOLOGIE. — *Propriétés de la pénicilline et de la streptomycine associées dans une même solution.* Note ([1]) de MM. **Gaston Ramon** et **Rémy Richou.**

Dans une précédente Note ([2]) nous avons rapporté une série d'expériences qui nous a permis de constater que le pouvoir antibiotique du filtrat de *Penicillium notatum* à l'égard du staphylocoque et du bacille diphtérique est très altéré, sinon entièrement détruit par le filtrat d'*Actinomyces griseus*, cela vraisemblablement du fait d'une action diastasique due à une sorte de pénicillinase élaborée par l'Actinomyces au cours de sa végétation dans le milieu de culture.

Dans une seconde série d'essais, nous avons étudié l'influence que peuvent avoir l'une sur l'autre, après mélange, les solutions de pénicilline ([3]) et de streptomycine ([4]) purifiées telles qu'elles sont utilisées en thérapeutique. A cet effet, on prépare séparément une solution de pénicilline titrant 1000 unités par centimètre cube et une solution de streptomycine contenant 1^{cg} par centimètre cube, soit 3000 unités environ. Les deux solutions ayant été additionnées de 0,05 % de formol ([5]), sont mélangées à parties égales. Après trois mois et demi de séjour, soit à la chambre froide, soit à la température du laboratoire (13 à 18°), les solutions séparées et les mélanges sont éprouvés dans leur pouvoir antibiotique respectif, en utilisant *Escherichia coli* ([6]), le staphylocoque et le bacille diphtérique. Les résultats obtenus sont enregistrés dans le tableau ci-contre.

En examinant ce tableau, on constate que la pénicilline et la streptomycine contenues dans les solutions mélangées sont sans effet sensible l'une sur l'autre, même lorsque les mélanges ont été préparés depuis lontemps déjà (3 mois 1/2) et gardés soit à la température du laboratoire, soit à la température de la chambre froide. On doit insister, une fois de plus ([7]), sur la remarquable

([1]) Séance du 2 juin 1947.

([2]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1605.

([3]) Pénicilline Lederle.

([4]) Streptomycine Merck.

([5]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 368; 224, 1947, p. 429.

([6]) On sait que seule la streptomycine est antibiotique à l'égard d'*Escherichia coli*; ce germe n'est pas sensible à la pénicilline.

([7]) G. Ramon, R. Richou et Jean Ramon, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 429.

stabilité de la streptomycine, stabilité qui se maintient dans le mélange et qui est plus grande que celle de la pénicilline.

	Quantités de solution ou de mélange ajoutées à 4^{cm^3} de bouillon. Végétation après 24 heures.								
	1/50.	1/100.	1/200.	1/400.	1/1000.	1/2000.	1/4000.	1/10000.	0.
A. *Épreuve vis-à-vis* d'Escherichia Coli.									
Solution streptomycine (3 mois 1/2 au frigidaire).	—	—	—	—	+	+	+	+	+
Mélange $\widehat{aa}$, solutions streptomycine et pénicilline (3 mois 1/2 au frigidaire).	—	—	—	+	+	+	+	+	+
Mélange $\widehat{aa}$, solutions streptomycine et pénicilline (3 mois 1/2 à la temp. ordinaire).	—	—	—	+	+	+	+	+	+
B. *Vis-à-vis du staphylocoque.*									
Solution streptomycine (3 mois 1/2 au frigidaire).	—	—	—	+	+	+	+	+	+
Solution pénicilline (3 mois 1/2 au frigidaire),	—	—	—	—	—	—	—	+	+
Mélange $\widehat{aa}$ (3 mois 1/2 au frigidaire).	—	—	—	—	—	—	+	+	+
Mélange $\widehat{aa}$ (3 mois 1/2 à la temp. ordinaire).	—	—	—	—	+	+	+	+	+
C. *Vis-à-vis du bacille diphtérique.*									
	Végétation après 48 heures.								
Solution streptomycine (3 mois 1/2 au frigidaire).	—	—	—	—	+	+	+	+	+
Solution pénicilline (3 mois 1/2 au frigidaire).	—	—	—	—	—	—	—	+	+
Mélange $\widehat{aa}$ (3 mois 1/2 au frigidaire).	—	—	—	—	—	—	—	+	+
Mélange $\widehat{aa}$ (3 mois 1/2 à la temp. ordinaire).	—	—	—	—	—	—	+	+	+

Ainsi, en résumé, il n'y a aucune réaction appréciable entre la streptomycine et la pénicilline en solutions combinées, même après un assez long délai. Elles conservent toutes deux leurs propriétés.

Ce fait conduit à envisager l'emploi des mélanges de pénicilline et de streptomycine dans le cas, par exemple, d'infections mixtes causées par des

germes dont les uns sont réputés sensibles à la pénicilline, les autres à la streptomycine ([8]), ou bien lorsqu'il s'agit d'une infection à son début et dont l'agent microbien en cause n'a pas encore été exactement déterminé bactériologiquement. La pénicilline et la streptomycine, *associées* ([9]) dans la même solution, peuvent donc servir à un traitement d'*attaque* qui permettra de gagner du temps, et le temps gagné est infiniment précieux aussi bien en thérapeutique antibiotique qu'en immunothérapie ([10]).

M. le Secrétaire perpétuel dépose sur le Bureau une brochure intitulée *Simon Flexner* (1863-1946), éditée par « The Rockefeller Institute for Medical Research ».

M. **Paul Lebeau** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage en quatre volumes qu'il vient de publier en collaboration avec MM. Maurice-Marie Janot, Henri Guérin, Paul Corriez, Guillaume Valette, André Morette et Marcel Chaigneau, intitulé *Traité de Pharmacie chimique*.

M. **Louis Lapicque** fait hommage à l'Académie de son Ouvrage *L'Isochronisme neuromusculaire et l'excitabilité rythmogène*.

M. **Selman A. Waksman** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Les Antibiotiques. Trois Conférences*, et d'une série de Notes concernant les substances antibiotiques et la Streptomycine.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **H. A. Kramers** et **René de Mallemann** sont élus Correspondants pour la Section de Physique générale en remplacement de MM. *Blas Cabrera*, décédé, et *Jean Cabannes*, élu Membre

---

([8]) Le mode d'action *in vivo* de la pénicilline et de la streptomycine étant sensiblement différent (voir par exemple, C. Levaditi et J. Henry, *Revue d'Immunologie*, **11**, 1947, p. 22), il n'est pas exclu que ces deux antibiotiques associés dans le même traitement se prêtent un mutuel appui à l'égard du germe en cause, surtout si ce germe est plus ou moins *pénicillino-résistant* ou *streptomycino-résistant*.

([9]) D'autres substances antibiotiques pourront être éventuellement ajoutées à ce mélange.

([10]) Après Émile Roux et d'autres, nous avons insisté à maintes reprises, en particulier avec Robert Debré, sur la nécessité d'agir promptement, avec des doses massives de sérum antidiphtérique, sans attendre le résultat du diagnostic bactériologique. On augmente ainsi, considérablement, les chances de succès de la sérothérapie (G. Ramon et R. Debré, *Annales de Médecine*, **29**, 1931, p. 587). Toujours dans le domaine de l'Immunologie, les *vaccins associés* (mélange d'anatoxine et autres vaccins par exemple) permettent d'immuniser en même temps et rapidement contre plusieurs maladies (G. Ramon et Chr. Zœller, *C. R. Soc. Biol.*, **94**, 1926, p. 158. G. Ramon, *La Presse Médicale*, 1945, n° 8, p. 93).

titulaire, et MM. ÉMILE BRINER et HANS VON EULER sont élus Correspondants pour la Section de Chimie en remplacement de MM. *Maurice Nicloux*, décédé, et *Paul Pascal*, élu Membre titulaire.

CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Faune de l'Empire français. VII. *Coléoptères des Antilles*, Volume I, par EDMOND FLEUTIAUX, CLÉMENT LEGROS, PIERRE LEPESME et RENAUD PAULIAN.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les suites vérifiant des inégalités portant sur leurs différences*. Note [1] de M. RALPH P. BOAS, présentée par M. Paul Montel.

Soit $\{a_k\}_{k=0}^{\infty}$ une suite de nombres complexes. Posons

$$\Delta^n a_k = \sum_{j=0}^{n} (-1)^j \binom{n}{j} a_{j+k}.$$

D'après M. Y. Tagamlitzki [2], si

$$(1)\qquad |\Delta^n a_k| \leq \Delta^n q^k = q^k(1-q)^n \quad (k=0, 1, \ldots;\ n=0, 1, \ldots), \qquad 0<q<1,$$

la suite est une progression géométrique.

La démonstration de M. Tagamlitzki utilise une série d'interpolation et la théorie des fonctions d'une variable complexe. La démonstration suivante est plus directe; elle s'appuie sur la théorie des moments de Hausdorff; on a le théorème plus général :

THÉORÈME 1. — *Soit* $0<\ldots<q_{-1}<q_0<q_1<\ldots<1$, $c_\nu \geq 0$, $\Sigma c_\nu < \infty$. *Si, pour* $k=0, 1, \ldots;\ n=0, 1, \ldots,$

$$(2)\qquad |\Delta^n a_k| \leq \sum_{\nu=-\infty}^{\infty} c_\nu \Delta^n q_\nu^k = \sum_{\nu=-\infty}^{\infty} c_\nu q_\nu^k (1-q_\nu)^n.$$

la suite $\{a_k\}$ *est nécessairement de la forme*

$$(3)\qquad a_k = \sum_{\nu=-\infty}^{\infty} d_\nu q_\nu^k, \qquad |d_\nu| \leq c_\nu, \qquad -\infty<\nu<\infty.$$

Démonstration. — Supposons d'abord les a_k réels et posons

$$f_k = \sum_{\nu=-\infty}^{\infty} c_\nu q_\nu^k.$$

---

[1] Séance du 17 mars 1947.

[2] *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 940.

L'inégalité (2) donne

$$\Delta^n(f_k - a_k) \geqq 0, \qquad \Delta^n(f_k + a_k) \geqq 0.$$

D'après un théorème de Hausdorff [3], il existe deux fonctions non décroissantes, $\sigma(t)$, $\tau(t)$, telles que $\sigma(+0) = \tau(+0) = 0$, et que, pour $k = 0, 1, 2, \ldots$

$$f_k - a_k = \int_0^1 t^k d\sigma(t), \qquad f_k + a_k = \int_0^1 t^k d\tau(t), \qquad f_k = \int_0^1 t^k d\alpha(t),$$

où $\alpha(0) = 0$; $\alpha(t) = \sum_{q_\nu \geq t} c_\nu$, $t > 0$. Par suite

$$(4) \qquad a_k = \int_0^1 t^k d[\alpha(t) - \sigma(t)] = \int_0^1 t^k d[\tau(t) - \alpha(t)],$$

et, en raison de l'unicité de la solution du problème des moments de Hausdorff,

$$(5) \qquad \tau(t) = 2\alpha(t) - \sigma(t),$$

sauf aux points q_ν de discontinuité de $\alpha(t)$. S'il y avait un point $t_0 \neq q_\nu$ de croissance de $\sigma(t)$, t_0 serait en vertu de (5), un point de décroissance de $\tau(t)$. Donc seuls les points q_ν peuvent être des points de croissance de $\sigma(t)$ ou de $\tau(t)$. Comme $\tau(t) = 2\alpha(t) - \sigma(t)$ et $\sigma(t) = 2\alpha(t) - \tau(t)$, nous avons

$$\sigma(q_\nu + 0) - \sigma(q_\nu - 0) \leqq 2c_\nu, \qquad \tau(q_\nu + 0) - \tau(q_\nu - 0) \leqq 2c_\nu,$$

d'où

$$\alpha(q_\nu + 0) - \sigma(q_\nu + 0) - [\alpha(q_\nu - 0) - \sigma(q_\nu - 0)] \geqq -c_\nu,$$
$$\tau(q_\nu + 0) - \alpha(q_\nu + 0) - [\tau(q_\nu - 0) - \alpha(q_\nu - 0)] \leqq c_\nu.$$

La relation (3) est donc une conséquence des égalités (4).

Supposons maintenant les a_k complexes. Les parties réelles et complexes des a_k vérifiant séparément l'inégalité (2), la relation (3) en résulte, sauf l'inégalité $|d_\nu| \leqq c_\nu$. Mais, en vertu de (2), nous avons

$$(6) \qquad \left| \sum_{\nu=-\infty}^{\infty} d_\nu q_\nu^k (1 - q_\nu)^n \right| \leqq \sum_{\nu=-\infty}^{\infty} c_\nu q_\nu^k (1 - q_\nu)^n.$$

Dans le cas de M. Tagamlitzki, il n'y a qu'un nombre q_ν et l'inégalité $|d_\nu| \leqq c_\nu$ est une conséquence immédiate de (6).

S'il y a plusieurs q_ν, soit μ quelconque; on peut trouver deux entiers l et m tels que $Q_\nu \equiv q_\nu^l (1 - q_\nu)^m$ soit maximum pour $\nu = \mu$. Prenons $k = pl$, $n = pm$; alors (6) peut s'écrire

$$\left| d_\mu + \sum_{\nu \neq \mu} d_\nu \left(\frac{Q_\nu}{Q_\mu}\right)^p \right| \leqq c_\mu + \sum_{\nu \neq \mu} c_\nu \left(\frac{Q_\nu}{Q_\mu}\right)^p.$$

En faisant $p \to \infty$, nous en déduisons $|d_\mu| \leqq c_\mu$.

---

[3] *Math. Zeitschrift*, 9, 1921, p. 74. Voir aussi D. V. Widder, *The Laplace Transform*, 1941, p. 108.

En calquant le raisonnement de M. Tagamlitzki ou en s'appuyant directement sur le théorème de MM. S. Bernstein et Widder sur les fonctions complètement monotones ([4]), on peut établir le corollaire :

COROLLAIRE. — *Supposons que $f(x)$ possède, sur $0 \leq x < \infty$, des dérivées de tous les ordres et que $|f^{(n)}(x)| \leq \sum_{\nu=0}^{\infty} c_\nu r_\nu^n e^{-r_\nu x}$, $0 \leq x < \infty$, où $r_\nu \to \infty$, $c_\nu \geq 0$, $\sum c_\nu < \infty$. Dans ce cas, $f(x) = \sum_{\nu=0}^{\infty} d_\nu e^{-r_\nu x}$, $|d_\nu| \leq c_\nu$.*

On a aussi :

THÉORÈME 2. — *Soit $\{a_k\}_{-\infty}^{\infty}$ une suite de nombres complexes. Si pour chaque N et chaque suite de nombres complexes $\{x_k\}$ on a*

$$\left|\sum_{-N}^{N}\sum_{-N}^{N} a_{n-m} x_n \bar{x}_m\right| \leq \left|\sum_{-N}^{N} x_n e^{inq}\right|^2 = \sum_{-N}^{N}\sum_{-N}^{N} e^{i(n-m)q} x_n \bar{x}_m,$$

où $0 < q < 2\pi$, la suite $\{a_k\}$ est de la forme $a_n = A e^{inq}$, $|A| \leq 1$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les méthodes algébriques dans l'analyse fonctionnelle*. Note ([1]) de M. **JAN G.-MIKUSIŃSKI**, présentée par M. Paul Montel.

Le développement actuel de l'analyse fonctionnelle comporte trois courants principaux : 1° le calcul opératoire, basé sur la transformation de Laplace; 2° la théorie des opérations linéaires; 3° la théorie de la composition de Volterra. Ces disciplines ont un champ commun d'applications, mais leurs méthodes sont très différentes.

Or, l'algèbre moderne (abstraite) permet de trouver un aspect général de ces théories et de montrer ce qu'il y a de commun dans leurs méthodes. Elle fournit un instrument simple, aussi puissant dans la théorie que maniable et commode dans les calculs pratiques. Nous indiquerons, en quelques traits, les idées essentielles.

Soit $A_1, \ldots, A_n$ un système d'anneaux algébriques qui peuvent être supposés tout à fait différents les uns des autres. On forme l'ensemble A de tous les systèmes de n éléments $(a_1, \ldots, a_n)$, tels que $a_i \in A_i (i = 1, \ldots, n)$, où l'addition est définie, généralement, par l'égalité

$$(a_1, \ldots, a_n) + (b_1, \ldots, b_n) = (a_1 + b_1, \ldots, a_n + b_n).$$

En posant $a_i = (0, \ldots, 0, a_i, 0, \ldots, 0)$, les éléments de A s'écriront sous forme d'une *somme directe* $a_1 + \ldots + a_n$. Pour définir la multiplication dans A,

([4]) S. BERNSTEIN, *Acta Math.*, **51**, 1928, p. 1. Voir WIDDER, *op. cit.*, p. 160.

([1]) Séance du 17 mars 1947.

il faut introduire les produits des éléments a_i, a_j appartenant aux différents anneaux A_i, A_j (pour $i = j$, c'est déjà fait, grâce à la supposition que tous les A_i sont des anneaux algébriques). On définit le produit $a_i a_j = a_k$ pour toutes les combinaisons de $i, j (i \neq j)$, pourvu que : 1° l'indice k soit déterminé univoquement pour tout couple d'indices i, j; 2° la loi d'associativité soit valable. Si l'on suppose encore que la multiplication est distributive, l'ensemble A devient un nouvel anneau algébrique que nous appelons anneau complexe ([2]).

Dans l'application au *calcul opératoire* (de Heaviside), le cas particulier suivant joue un rôle prépondérant. Soit $n = 2$, on prend pour A_1 l'ensemble de tous les nombres complexes et pour A_2 l'ensemble de toutes les fonctions complexes d'une variable réelle. La multiplication des deux fonctions $f(t)$ et $g(t)$ est définie par l'égalité $fg = \int_0^t f(\tau) g(t-\tau)\, d\tau$ ([3]); toutes les autres règles arithmétiques ont leur signification habituelle. Cela posé, l'anneau A constitue un fondement sûr et logique du calcul de Heaviside. Il permet d'intégrer les équations différentielles ordinaires à coefficients constants et les équations aux dérivées partielles des types les plus importants. Contrairement à la méthode de Laplace : 1° il n'introduit pas de restrictions superflues telles que la convergence des intégrales $\int_0^\infty e^{-st} f(t)\, dt$; 2° il n'exige pas la connaissance de la théorie des fonctions analytiques.

Une autre interprétation de l'anneau complexe peut être obtenue, en supposant que l'anneau A_2 soit composé des fonctions de deux variables (l'anneau A_1 étant le même que dans l'exemple précédent). On définit le produit de deux fonctions $f(x, y)$ et $g(x, y)$ par l'une des deux égalités :

$$fg = \int_a^b f(x, s) g(s, y)\, ds \qquad \text{ou} \qquad fg = \int_y^x f(x, s) g(s, y)\, ds.$$

Dans ce cas, la théorie de l'anneau A se confond avec celle de Volterra, concernant la *composition de première* (resp. *de deuxième espèce*).

Pour introduire la notion de limite, on distingue, dans l'anneau donné A_i, un sous-ensemble A_i^*, où la relation $\leqq$ est définie et satisfait aux axiomes suivants :

([2]) La notion d'anneau complexe est un peu plus vaste que celle du système hypercomplexe (dit aussi *algebra*, cf. Van der Waerden, *Moderne Algebra*, Berlin, 1937, § 14). Elle se réduit à cette dernière, lorsqu'on suppose que pour $i \geqq 2$ il existe un élément $a_i \in A_i$, tel que tout autre élément de A_i puisse être écrit sous la forme $a_1 a_i$, où $a_1 \in A_1$.

([3]) Ce genre de produit est dit parfois « composition » (en anglais « convolution », en allemand « Faltung »).

1° $0 \leq f$ pour tout $f \in A_i^*$;

2° Si $f \leq \varepsilon g$ pour chaque nombre $\varepsilon > 0$ et un certain $g \in A_i^*$, on a $f = 0$ [*];

3° Si $f \leq g \leq h$, on a $f \leq h$;

4° Si $f \leq g$, on a $f + h \leq g + h$, $fh \leq gh$ et $hf \leq hg$.

On introduit, ensuite, une opération, faisant correspondre à chaque élément $f \in A_i$ un élément $|f| \in A_i^*$, de manière que

1° $|f| = 0$ si $f = 0$ et seulement dans ce cas;

2° $|\alpha f| = |\alpha| . |f|$ (α est un nombre);

3° $|f + g| \leq |f| + |g|$;

4° $|fg| \leq |f| . |g|$.

On dira que $\lim f_n = f$, lorsqu'il existe un élément $g \in A_i^*$, tel que, pour chaque $\varepsilon > 0$, on ait

$$|f_n - f| \leq \varepsilon g \quad \text{pour } n \text{ suffisamment grand.}$$

Cette définition embrasse, en dehors des cas où la notion de « norme » suffit, d'autres genres de convergence, et en particulier celui qui est propre aux problèmes du calcul opératoire.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Généralisation des fonctions zétafuchsiennes.* Note [1] de M. **Henri Roure**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous avons démontré [2] l'existence de fonctions à plusieurs séries de variables qui se reproduisent par les substitutions de groupes linéaires relatifs à chaque série de variables, et nous avons donné [3] leurs principales propriétés.

Nous nous proposons de définir des systèmes de fonctions à plusieurs séries de variables analogues aux fonctions zétafuchsiennes de Poincaré. Nous supposerons deux séries de deux variables chacune, soumises aux deux groupes linéaires discontinus,

$$(G) \qquad \left(x, y;\ X = \frac{Ax + A'y + A''}{Cx + C'y + C''},\ Y = \frac{Bx + B'y + B''}{Cx + C'y + C''}\right),$$

$$(G') \qquad \left(z, t;\ Z = \frac{Dz + D't + D''}{Fz + F't + F''},\ T = \frac{Ez + E't + E''}{Fz + F't + F''}\right)$$

et un groupe linéaire discontinu à n variables,

$$(G_1) \qquad (u_1, \ldots, u_n;\ a_{11}^{(i)} u_1 + \ldots + a_{1n}^{(i)} u_n,\ \ldots,\ a_{n1}^{(i)} u_1 + \ldots + a_{nn}^{(i)} u_n)$$

en isomorphisme holoédrique avec (G) et (G'). Nous désignerons par Σ_i la

(*) On suppose que le produit εg appartient à l'anneau A_i^*.

(1) Séance du 9 juin 1947.

(2) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 783; *Annales de la Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse*, 4e série, VI, 1942, publié en 1943.

(3) *Annales de la Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse*, 4e série, VII, 1943, publié en 1945.

substitution de (G_1) dont les coefficients forment le tableau

(1) $$\| a^{(i)}_{\mu\nu} \|,$$

et par Σ_i^{-1} celle dont les coefficients sont les mineurs de (1) et forment le tableau

(2) $$\| A^{(i)}_{\mu\nu} \|.$$

Soient n fonctions rationnelles $R_k(x, y, z, t)$ et n séries $H_k(x, y, z, t)$ $(k = 1, 2, \ldots, n)$. Nous utiliserons la notation

$$F_k \Sigma_i = a^{(i)}_{k1} F_1 + a^{(i)}_{k2} F_2 + \ldots + a^{(i)}_{kn} F_n.$$

Par analogie avec les fonctions théta-ultra-automorphes, nous écrirons les séries H sous la forme

(A) $$H_k(x, y, z, t) = \Sigma_i [R_k(X_i, Y_i, Z_i, T_i)] \Sigma_i^{-1} \left[\frac{D(X_i, Y_i, Z_i, T_i)}{D(x, y, z, t)} \right]^m.$$

Nous pouvons écrire aussi

(B) $$H_k(x, y, z, t) = \Sigma_i [R_k(X_\rho, Y_\rho, Z_\rho, T_\rho)] \Sigma_i^{-1} \Sigma_h^{-1} \left[\frac{D(X_\rho, Y_\rho, Z_\rho, T_\rho)}{D(x, y, z, t)} \right]^m$$

avec

$$X_\rho = X_i(X_h), \qquad Y_\rho = Y_i(Y_h), \qquad Z_\rho = Z_i(Z_h), \qquad T_\rho = T_i(T_h);$$

nous avons aussi

(C) $$H_k(X_h, Y_h, Z_h, T_h) = \Sigma_i [R_k(X_\rho, Y_\rho, Z_\rho, T_\rho)] \Sigma_i^{-1} \left[\frac{D(X_\rho, Y_\rho, Z_\rho, T_\rho)}{D(X_h, Y_h, Z_h, T_h)} \right]^m,$$

puis

(D) $$[H_k(x, y, z, t)] \Sigma_h = \Sigma_i [R_k(X_\rho, Y_\rho, Z_\rho, T_\rho)] \Sigma_i^{-1} \left[\frac{D(X_\rho, Y_\rho, Z_\rho, T_\rho)}{D(x, y, z, t)} \right]^m.$$

La comparaison de (C) et (D) nous donne

(E) $$H_k(X_h, Y_h, Z_h, T_h) = [H_k(x, y, z, t)] \Sigma_h \left[\frac{D(x, y, z, t)}{D(X_h, Y_h, Z_h, T_h)} \right]^m,$$

ou, avec les notations ordinaires,

(F) $$H_k(x, y, z, t) = \sum_i \sum_\nu A^{(i)}_{k\nu} R_\nu(X_i, Y_i, Z_i, T_i)(C_i x + C'_i y + C''_i)^{-3m} (F_i z + F'_i t + F''_i)^{-3m},$$

(H) $$H_k(X_h, Y_h, Z_h, T_h) = \sum_\nu a^{(h)}_{k\nu} H_\nu(x, y, z, t)(C_h x + C'_h y + C''_h)^{3m} (F_h z + F'_h t + F''_h)^{3m}.$$

Nous démontrons la convergence de ces séries par une méthode analogue à celle de Poincaré pour $m \geqq 2$. Soit maintenant une série $P(x, y, z, t)$ théta-ultra-automorphe appartenant aux groupes (G) et (G′) et à l'entier m et divisons chaque série H_k par P. Nous obtiendrons ainsi des fonctions Z_k analogues aux fonctions zétafuchsiennes et jouisssant de la propriété

$$Z_k(X_h, Y_h, Z_h, T_h) = \frac{H_k(X_h, Y_h, Z_h, T_h)}{P(X_h, Y_h, Z_h, T_h)} = \frac{H_k(x, y, z, t)}{P(x, y, z, t)} = Z_k(x, y, z, t).$$

Considérant maintenant quatre fonctions ultra-automorphes de $x, y, z, t, \xi, \eta, \xi', \eta'$, et posant

$$D_{m_i n_i p_i q_i} = \frac{\partial^{m_i+n_i+p_i+q_i}}{\partial\xi^{m_i}\,\partial\eta^{n_i}\,\partial\xi'^{p_i}\,\partial\eta'^{q_i}},$$

nous démontrons que le système des fonctions Z_k satisfait à un système d'équations linéaires aux dérivées partielles d'ordre n dont les coefficients F_i sont des fonctions rationnelles de ξ, η, ξ', η'

$$D_{m_n n_n p_n q_n} Z_i + F_{n-1} D_{m_{n-1} n_{n-1} p_{n-1} q_{n-1}} Z_i + \ldots + F_1 D_{m_1 n_1 p_1 q_1} Z_i + F_0 Z_i = 0$$
$$(i = 1, 2, \ldots, n;\quad m_n + n_n + p_n + q_n = n).$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un théorème sur les fonctions harmoniques.* Note (1) de M. **Sybren R. de Groot**, présentée par M. Frédéric Joliot.

THÉORÈME. — *Pour les fonctions harmoniques*

(1) $$Y^{(k)}_{\alpha,\beta,\gamma} = \frac{(-1)^k}{k!}\, r^{k+1} \frac{\partial^k}{\partial x^\alpha\, \partial x^\beta\, \partial x^\gamma} \frac{1}{r}$$

avec $k = \alpha + \beta + \gamma$ où α, β et γ sont des nombres entiers et x, y et z les coordonnées d'un rayon vecteur r, on a la relation

(2) $$\sum_{\alpha',\beta',\gamma'} \frac{n!}{\alpha'!\,\beta'!\,\gamma'!} Y^{(k+n)}_{\alpha+\alpha',\beta+\beta',\gamma+\gamma'} Y^{(n)}_{\alpha',\beta',\gamma'} = \frac{(2n)!}{2^n (n!)^2} Y^{(k)}_{\alpha,\beta,\gamma}.$$

Utilisons les fonctions $U^{(k)}_{\alpha,\beta,\gamma} = r^k Y^{(k)}_{\alpha,\beta,\gamma}$, qui satisfont à l'équation de Laplace et dont la formule de récurrence est

(3) $$U^{(k+1)}_{\alpha+1,\beta,\gamma} = -\frac{r^2}{k+1} \frac{\partial U^{(k)}_{\alpha,\beta,\gamma}}{\partial x} + \frac{2k+1}{k+1} U^{(k)}_{\alpha,\beta,\gamma}.$$

Le théorème (2) devient alors

(4) $$\sum_{\alpha',\beta',\gamma'} \frac{n!}{\alpha'!\,\beta'!\,\gamma'!} U^{(k+n)}_{\alpha+\alpha',\beta+\beta',\gamma+\gamma'} U^{(n)}_{\alpha',\beta',\gamma'} = \frac{(2n)!}{2^n (n!)^2} r^{2n} U^{(k)}_{\alpha,\beta,\gamma}.$$

La démonstration de (4) se fait par récurrence. D'abord il est évident que le théorème est valable pour $n = 0$. Il reste donc à prouver que, si l'on suppose que (4) est vrai pour $n = \alpha' + \beta' + \gamma'$, il l'est aussi pour $n' = n + 1 = \alpha'' + \beta'' + \gamma''$. Pour cela il est nécessaire d'énoncer d'abord le lemme suivant

(5) $$\sum_{x,y,z} \sum_{\alpha',\beta',\gamma'} \frac{n!}{\alpha'!\,\beta'!\,\gamma'!} \frac{\partial U^{(k+n)}}{\partial x} \frac{\partial U^{(n)}}{\partial x} = \frac{(2n)!}{2^n (n!)^2} (2n^2 + 2nk + n)\, r^{2n-2} U^{(k)},$$

qu'on démontre en appliquant respectivement les opérateurs $\partial^2/\partial x^2$, $\partial^2/\partial y^2$ et

(1) Séance du 2 juin 1947.

$\partial^2/\partial z^2$ à (4), censé être établi, en additionnant ensuite les trois équations trouvées et en tenant compte de l'équation de Laplace et du théorème d'Euler.

Maintenant on peut donner la démonstration du théorème (4) pour $n' = n + 1$ au lieu de n

$$(6) \qquad \sum_{\alpha'', \beta'', \gamma''} \frac{n'!}{\alpha''!\,\beta''!\,\gamma''!} \mathrm{U}^{(k+n')}_{\alpha+\alpha'', \beta+\beta'', \gamma+\gamma''} \mathrm{U}^{(n')}_{\alpha'', \beta'', \gamma''}$$

$$(7) \qquad = \underset{x, y, z}{\mathrm{S}} \sum_{\alpha', \beta', \gamma'} \frac{n!}{\alpha'!\,\beta'!\,\gamma'!} \mathrm{U}^{(k+n+1)}_{\alpha+\alpha'+1, \beta+\beta', \gamma+\gamma'} \mathrm{U}^{(n+1)}_{\alpha'+1, \beta', \gamma'},$$

où le symbole $\underset{x, y, z}{\mathrm{S}}$ indique qu'il y a en outre du terme explicité encore deux termes semblables, parce que $n' = n + 1$ peut être formé à partir de n en additionnant 1 soit à α', soit à β', soit à γ'. Il résulte des propriétés des coefficients du trinome que le facteur des fonctions U est bien celui de (7).

Maintenant il faut transcrire les deux fonctions U de (7) à l'aide de la formule de récurrence (3), appliquer ensuite le lemme (5), le théorème d'Euler et le théorème (4), censé être valable pour $n = n$, et l'on trouve après calcul que l'expression (7) est égale à

$$(8) \qquad \frac{(2n')!}{2^{n'}(n'!)^2} r^{2n'} \mathrm{U}^{(k)}_{\alpha, \beta, \gamma}.$$

Le théorème (4) et donc (2) est alors prouvé pour $n' = n + 1$ [(6) = (8)], ce qui complète la démonstration.

On peut appliquer la relation (2) dans certaines théories physiques sur les multipôles.

GÉOMÉTRIE. — *Sur le volume des polyèdres non euclidiens*. Note (1) de MM. **André Bloch** et **Gustave Guillaumin**, présentée par M. Henri Villat.

1. Nous appellerons *dilogarithme* la fonction d'une variable définie par

$$\mathrm{dil}\, x = \int_1^x \frac{\log(x-1)}{x} dx.$$

Cette fonction a déjà été étudiée sous une forme légèrement différente par plusieurs mathématiciens, entre autres Legendre et Abel (2).

Dans le domaine réel, la définition n'a de sens que pour $x > 1$. Dans le domaine complexe, la fonction est déterminée à une quantité additive près de la forme $\mathrm{A}\pi i \log x + \mathrm{B}\pi^2$ (A, B entiers dépendant du chemin suivi).

Il est clair que l'intégrale $\int \log \mathrm{R}(x) \times \mathrm{S}(x)\, dx$, où $\mathrm{R}(x)$ et $\mathrm{S}(x)$ sont des

(1) Séance du 9 juin 1947.

(2) Abel, *Œuvres complètes* (Christiania, 1839), II, p. 252.

fractions rationnelles, se ramène dès que l'on connaît les zéros et les pôles de $R(x)$, les pôles de $S(x)$, à des dilogarithmes et à des fonctions élémentaires. Dans le cas particulier où $S(x)$ est elle-même la dérivée logarithmique d'une fraction rationnelle, l'intégrale est une somme et différence de dilogarithmes; il résulte en effet d'une identité découverte par Abel que le produit de deux logarithmes se met de manière simple sous forme d'une telle somme-différence.

Le dilogarithme est un cas limite de certaines transcendantes, en particulier de la fonction hypergéométrique, ce qui rend vraisemblable l'existence pour celle-ci de théorèmes à plusieurs variables. Il s'y rattache, d'autre part, une certaine fonction méromorphe d'une variable.

2. Pour évaluer les volumes en géométrie non euclidienne, nous supposerons un *absolu* d'équation $f(x, y, z, 1) = 0$; soit D le discriminant de cette forme. Le volume d'un domaine est alors ([3]), à un facteur constant près,

$$\sqrt{|\mathrm{D}|}\iiint \frac{dx\,dy\,dz}{f^2(x, y, z, 1)},$$

l'intégrale étant étendue au domaine. Pour réduire (plus facilement du moins) le rôle des imaginaires, nous supposerons la quadrique réelle et réglée, par exemple $f(x, y, z, 1) = x^2 - y^2 + z^2 - l^2$. Le volume est alors

$$l\iiint \frac{dx\,dy\,dz}{(x^2 - y^2 + z^2 - l^2)^2},$$

expression qui, d'après la formule d'Ostrogradski, est égale par exemple à celle-ci

$$(1)\qquad \frac{l}{2}\iint \frac{x\,dy\,dz + y\,dz\,dx}{(z^2 - l^2)(x^2 - y^2 + z^2 - l^2)},$$

l'intégrale double étant étendue à la frontière du domaine.

Supposons maintenant que le domaine possède une face plane, d'équation $z = ax + by + c$. La portion de l'intégrale double correspondante donne

$$\frac{l}{2}\iint \frac{(ax + by)\,dx\,dy}{[(ax + by + c)^2 - l^2][x^2 - y^2 + (ax + by + c)^2 - l^2]}$$
$$= \iint \frac{-\frac{1}{4}(c - l)\,dx\,dy}{(ax + by + c - l)[x^2 - y^2 + (ax + by + c)^2 - l^2]}$$
$$+ \iint \frac{\frac{1}{4}(c + l)\,dx\,dy}{(ax + by + c + l)[x^2 - y^2 + (ax + by + c)^2 - l^2]}.$$

D'après la formule de Green-Riemann, la dernière intégrale est égale par

---

([3]) DARBOUX, *Principes de Géométrie analytique*, Paris, 1917, p. 349.

exemple à la suivante :

$$(2) \qquad -\frac{1}{8}\int \log\frac{x^2-y^2+(ax+by+c)^2-l^2}{\varphi(x,y)} \times \frac{(c+l)\{[(a+b)y+c+l]\,dx-[(a+b)x+c+l]\,dy\}}{(ax+by+c+l)[(c+l)(x-y)+(a+b)l(ax+by+c+l)]},$$

étendue au contour de la face plane envisagée, avec

$$\varphi(x,y)=(a^2+1)x^2+2abxy+(b^2-1)y^2 + 2\left[a+\frac{1}{(a+b)}\right](c+l)x+2\left[b-\frac{1}{(a+b)}\right](c+l)y+(c+l)^2.$$

On trouve une égalité analogue relative à l'autre intégrale (1).

Supposons enfin que le contour plan contienne un segment de droite; comme dans l'intégrale curviligne (2) le multiplicateur du logarithme est visiblement une différentielle totale logarithmique, la substitution $y=\alpha x+\beta$ répondant au segment en question fournit (§ 1) une somme-différence de dilogarithmes.

Par suite, lorsqu'un domaine de l'espace non euclidien a une frontière comprenant une face plane se réduisant à un polygone rectiligne, la partie correspondante de l'intégrale de surface telle que (1), mesurant le volume du domaine, est une combinaison de dilogarithmes.

Ce qui précède s'applique en effet de même aux espaces non euclidiens proprement dits (elliptique et hyperbolique) pour lesquels il n'existe pas de cas où puisse être évitée l'introduction de dilogarithmes à arguments imaginaires.

En particulier : *Le volume d'un polyèdre non euclidien quelconque d'éléments donnés se calcule par le moyen d'une seule fonction d'une variable : le dilogarithme.*

Plus précisément : *La mesure de ce volume est (à un facteur numérique rationnel près) une somme et différence de dilogarithmes de quantités dépendant, rationnellement ou par racines carrées, des coordonnées des sommets du polyèdre et dont le nombre est borné en fonction de celui de ces derniers.*

Ajoutons que le dilogarithme suffit également à la mesure des polytopes de l'espace non euclidien quadridimensionnel. Pour un nombre de dimensions supérieur à quatre, le même problème se résout au moyen de fonctions un peu plus générales, mais de même nature.

---

(1) Sous des conditions d'inégalité très générales imposées au domaine, il ne se présente pas d'infini dans le calcul précédent. Il en résulte par décomposition du domaine ou par prolongement analytique que les conclusions sont vraies pour tout domaine ne rencontrant pas l'absolu.

NOMOGRAPHIE GÉNÉRALE. — *Sur la classification des formes. Terminologie.* Note [1] de M. **Georges Boulanger**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Nous avons montré, dans une Note antérieure [2], comment l'étude des propriétés morphologiques des abaques à plans mobiles superposés est facilitée par l'emploi de schémas de structure que nous avons appelés *formes*. Ces formes se caractérisent essentiellement par la nature de leurs éléments (*point de vue géométrique*) et par le mode de mise en position des plans (*point de vue cinématique*). L'examen de ces facteurs permet d'en effectuer un premier classement.

2. Les éléments géométriques qui peuvent entrer dans la constitution des abaques plans sont le *point* (élément sans dimension) et la *ligne* (élément à une dimension).

Nous considérons la ligne comme élément fondamental de toute représentation nomographique plane.

Nous distinguons alors les formes qui ne renferment que des familles de lignes cotées et les formes qui sont caractérisées par la dégénérescence de lignes en points ou par la réduction de systèmes cotés en éléments constants, et nous proposons d'appeler :

Formes complètes les formes dont tous les éléments sont des lignes cotées, à l'exclusion de tout élément dégénéré ou constant;

Formes dégénérées les formes dans lesquelles certaines lignes, cotées ou non, ont dégénéré en points;

Formes dérivées les formes qui contiennent un ou plusieurs éléments constants.

Une même forme peut évidemment être à la fois dégénérée et dérivée, la dégénérescence et la dérivation pouvant porter sur des éléments distincts ou non.

3. Nous abandonnons ainsi les notions de *points à deux cotes* et de *réseau* introduites en Nomographie par Maurice d'Ocagne. Quel que soit le rôle qui lui est dévolu dans l'abaque, nous considérons le réseau comme constitué essentiellement de deux systèmes de lignes cotées. Dans la conception de M. d'Ocagne il serait considéré comme un système de points à deux cotes s'il appartenait, par exemple, à un nomogramme à points alignés.

Les points à deux cotes n'ont qu'une existence fictive. Ce sont des lignes qui, en fait, sont dessinées et utilisées dans les réseaux. C'est pourquoi le point de vue que nous proposons, permettant de formuler les principes du calcul nomographique d'une manière à la fois plus rationnelle et plus générale, nous paraît devoir être adopté.

4. La mise en position des plans est conditionnée par la *nature* des contacts

---

(1) Séance du 9 juin 1947.

(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 181.

et par la *répartition* de ces contacts entre les différents plans. Nous examinerons successivement l'incidence de ces deux facteurs sur la classification.

5. Les contacts utilisés en pratique se rattachent tous à deux types généraux : les contacts *tangentiels* et les contacts *ponctuels*.

Nous adopterons dès lors la terminologie qui est classique dans l'étude des abaques à un et à deux plans et nous désignerons par :

Formes à contacts tangentiels ou d'une manière plus concise *formes tangentielles* les formes dont tous les contacts sont de nature tangentielle;

Formes à contacts ponctuels ou *formes ponctuelles* les formes dont tous les contacts sont ponctuels;

Formes à contacts ponctuels et tangentiels les formes qui comportent à la fois des contacts des deux types.

6. La répartition des contacts conditionne la mise en place proprement dite des plans.

Nous sommes amenés à envisager deux cas : ou bien chaque plan peut être fixé par rapport à l'ensemble des plans mis en place avant lui, ou bien certains plans doivent être groupés préalablement à leur mise en place, les blocs de plans ainsi formés pouvant être mis en position par rapport aux plans qui précèdent.

Nous appellerons :

Formes à plans indépendants les formes dont tous les plans peuvent être fixés individuellement les uns après les autres;

Formes à plans groupés les formes dont certains plans ne peuvent être mis en position que moyennant la formation de groupes au sens ci-dessus.

Un abaque peut présenter à la fois des formes à plans indépendants et des formes à plans groupés. Un tel abaque sera dit *mixte* si, pour la détermination de certaines variables, les groupes ne peuvent être évités. On dira dans ce cas qu'il s'agit de *groupes vrais*, par opposition aux *groupes apparents* qui peuvent être supprimés par une modification adéquate de l'ordre de succession des plans.

7. En connexion avec les conditions d'emploi nous distinguerons, pour les abaques, deux classes qui tiennent compte des possibilités quant aux variables qui peuvent être prises pour inconnues.

Nous appellerons :

Abaques à résolution totale les abaques dans lesquels toutes les variables peuvent être prises pour inconnues;

Abaques à résolution partielle les abaques dans lesquels certaines variables seulement peuvent être déterminées.

Alors que pour les abaques à plan unique ou à deux plans la résolution partielle n'apparaît que dans le cas où il existe des systèmes surabondants, les abaques à plus de deux plans peuvent être à résolution partielle sans comporter de tels systèmes.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'oscillation d'un liquide pesant et visqueux dans un tube en* U. Note ([1]) de MM. **Jacques Valensi** et **Théodore Vogel**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans une Note précédente ([2]), dont on reprend ici les notations, J. Valensi a donné du présent problème une solution qui admettait *a priori* pour la surface du ménisque une expression de la forme $f(r)e^{i\sigma t}$, avec $\sigma = \omega + i\lambda$. On trouvait alors $f(r) = J_0(2{,}405\xi)$, en adoptant comme conditions aux limites $\dot{z}(R, t) = 0$, $\dot{z}(r, 0) = 0$ et $z(0, 0) = -a_1$. La discussion faisait apparaître comme paramètre de similitude gouvernant le phénomène l'expression $R^2(\omega_p/\nu)$.

MM. J. Pérès et S. Goldstein ayant fait observer que la solution ainsi trouvée était mathématiquement incomplète, les auteurs de la présente Note ont repris l'étude mathématique. L'équation du mouvement est, en coordonnées cylindriques,

$$(1) \qquad \frac{\partial^3 z}{\partial r^2 \partial t} + \frac{1}{r}\frac{\partial^2 z}{\partial r \partial t} - \frac{1}{\nu}\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = \frac{2g}{l\nu} z;$$

sa solution générale devra pouvoir satisfaire à trois conditions aux limites. Si l'on cherche d'abord une solution particulière de la forme $z_n = f_n(r) g_n(t)$, il vient

$$(2) \qquad f''_n + \frac{1}{r} f'_n + \left(\frac{-\frac{1}{\nu}\ddot{g}_n - \frac{2g}{l\nu} g_n}{\dot{g}_n} \right) f_n = 0,$$

relation qui ne peut être vérifiée que si l'expression entre parenthèses est indépendante du temps et réelle, soit k_n^2 ($\gtrless 0$ *a priori*). On en déduit

$$(3) \qquad g_n(t) = e^{-\lambda_n t}\left[A_n \begin{matrix}\cos\\ \mathrm{ch}\end{matrix} |\Omega_n| t + B_n \begin{matrix}\sin\\ \mathrm{sh}\end{matrix} |\Omega_n| t \right]$$

avec

$$(4) \qquad \lambda_n = \frac{k_n^2 \nu}{2}, \qquad \Omega_n^2 = \lambda_n^2 - \omega_p^2.$$

Dès lors, $f_n(r) = J_0(k_n r)$ satisfait à (2), et l'on a une solution z_n de (1). Pour avoir une solution générale satisfaisant aux conditions aux limites, on écrira

$$(5) \qquad z = \sum_{n=1}^{\infty} z_n = \sum J_0(k_n r)\, e^{-\lambda_n t}\left[A_n \begin{matrix}\cos\\ \mathrm{ch}\end{matrix} |\Omega_n| t + B_n \begin{matrix}\sin\\ \mathrm{sh}\end{matrix} |\Omega_n| t \right].$$

Une première condition aux limites est que la vitesse soit nulle sur la paroi ($r = R$); soit $J_0(k_n R) = 0$. Les k_n sont donc réels et égaux à x_n/R, les x_n

([1]) Séance du 28 mai 1947.

([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 446.

étant les zéros de $J_0(x)$. On voit que les $f_n(r)$ forment une suite orthogonale et complète, ce qui justifie le développement de z en série de z_n. 2° La vitesse est nulle en tout r au temps zéro : d'où $B_n = (\lambda_n / |\Omega_n|) A_n$. (Il faut noter que dans le cas où $|\Omega_n|$ serait très petit, il y aurait lieu de remplacer par l les expressions $\substack{\cos \\ \text{ch}} |\Omega_n| t$ et $(1/|\Omega_n|) \substack{\sin \\ \text{sh}} |\Omega_n| t$). 3° Enfin il faut se donner la forme du ménisque au temps zéro; ce sera en première approximation un plan de cote $-a_1$. On en déduit

$$A_n = \frac{-a_1 \int_0^R J_0(k_n r) r \, dr}{\int_0^R J_0^2(k_n r) r \, dr} = \frac{-2a_1}{x_n J_1(x_n)}.$$

Examinant (5), on constate que les Ω_n sont réels à partir d'un rang n tel que $R^2(\omega_p/\nu) < (x_n^2/2)$. Le caractère réel ou imaginaire de la pulsation Ω_n modifiant profondément l'allure du phénomène, il y a lieu de distinguer plusieurs cas :

1° $R^2(\omega_p/\nu) < (x_1^2/2)$ ou 2,89 : tous les termes sont apériodiques.

2° $2{,}89 < R^2(\omega_p/\nu) < 15{,}2$: le premier terme seul est oscillant. Dans les suivants, les $g_n(t)$ se réduisent à $e^{-(\lambda_n - \Omega_n)t}$. Si l'on considère, pour permettre une vérification expérimentale directe, la cote du centre du ménisque à son premier maximum,

$$z(0, T) \neq A_1 e^{-\lambda_1 T} + \left[\sum_2^m A_n (e^{-(\lambda_n - \Omega_n) T} - 1) - a_1 - A_1 \right],$$

m étant le rang (de l'ordre de 20) à partir duquel les exponentielles sont pratiquement égales à 1, le calcul numérique montre que le crochet est négligeable dès que $R^2(\omega_p/\nu) > 6$; de sorte qu'entre 6 et 15, le décrément est pratiquement égal à λ_1. Ce résultat, conforme aux Notes précédentes ([2]) ([3]), est bien confirmé par les expériences de Menneret, pour lesquelles on a calculé les valeurs de $R(\sqrt{2\lambda_{\text{exp}}/\nu})$: celles-ci sont bien, dans l'intervalle considéré, constantes et voisines de la valeur théorique $x_1 = 2{,}405$ obtenue en remplaçant λ_{exp} par λ_1 ([3]).

3° $R^2(\omega_p/\nu) > 15{,}2$. Il apparaît un deuxième terme périodique, d'abord négligeable devant le premier, et qui croît avec le paramètre. De même, un 3e terme périodique apparaît pour $R^2(\omega_p/\nu) = 37{,}44$ et reste longtemps négligeable devant les deux premiers. Pour $R^2(\omega_p/\nu) = 69$, seuls ces deux premiers termes entrent en ligne de compte, et la demi-méridienne du ménisque présente un point d'inflexion. Si l'on admet avec Lord Rayleigh que ce soit là un critère d'instabilité, l'apparition de la turbulence postulée par Menneret

---

([3]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 532.

serait ainsi justifiée. Enfin lorsque le paramètre croît indéfiniment, la solution tend vers celle valable pour un fluide parfait. Tous les termes oscillent à la pulsation ω_p avec un amortissement négligeable, et le ménisque reste plan. L'observation des formes réelles des ménisques permettra de vérifier la validité de ces conclusions.

ASTRONOMIE. — *Méthode simple et rapide de détermination de la distance géocentrique dans les calculs des orbites paraboliques.* Note [1] de M. **Benjamin de Jekhowsky**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Dans le problème de la détermination de l'orbite parabolique d'une comète par la méthode Lagrange-Andoyer, soit originale, soit modifiée par nous [2], et lorsqu'il s'agit d'obtenir la distance géocentrique ρ de l'astre à l'époque du milieu, on est amené aux deux équations simultanées suivantes

$$(1)\qquad \begin{cases} P'_1\rho^2 + P'_2\rho + P'_3 = 2r^{-1}, \\ \rho^2 + 2S\rho + R^2 = r^2, \end{cases}$$

que l'on résout par des approximations successives.

En partant d'une valeur arbitraire de ρ et en appliquant la méthode d'approximations successives de Newton, on est toujours dans l'obligation de faire plusieurs approximations en calculant le système (1) et la dérivée correspondante. Il y a donc intérêt à avoir dès le début des calculs, une valeur de ρ très proche de sa valeur exacte, ceci avec le minimum de calculs provisoires.

La méthode que nous proposons ici répond à cette question. Elle permet, avec le minimum de calculs de trouver cette valeur de ρ, puis avec une seule approximation s'il s'agit d'un calcul à cinq décimales, ou deux, trois approximations au maximum s'il s'agit d'un calcul à sept décimales, de trouver sa valeur exacte.

En effet, en désignant comme d'habitude un nombre par son logarithme placé entre crochets, prenons, d'une part, d'après la première équation (1)

$$(2)\qquad [\rho_1] = -\{[P'_2] - [P'_1]\}, \qquad [r_1] = [0{,}3010300] - [P'_3].$$

La seconde équation (1) donne alors

$$(3)\qquad [r_{(1)}] = f([\rho_1]).$$

D'autre part, d'après la seconde équation du même système, prenons

$$(4)\qquad [\rho_2] = -[2S], \qquad [r_{(2)}] = [R],$$

---

(1) Séance du 28 mai 1947.

(2) *Comptes rendus*, **219**, 1944, pp. 605-607; **222**, 1946, pp. 783-785; *Journal des Observateurs*, **28**, nos 7 et 8, 1946, pp. 64-74.

alors la première donnera

$$(5) \qquad [r_2] = f([\rho_2]).$$

Les six valeurs (2), (3), (4), (5), trouvées ainsi sans difficulté, en posant

$$\Delta[\rho_{2,1}] = [\rho_2] - [\rho_1], \qquad \Delta[r_{1,(1)}] = [r_1] - [r_{(1)}], \qquad \Delta[r_{2,(2)}] = [r_2] - [r_{(2)}],$$

donnent, par une des deux formules,

$$(6) \qquad \begin{cases} \Delta[\rho_1] = \Delta[\rho_{2,1}]\{1 - (\Delta[r_{2,(2)}] : \Delta[r_{1,(1)}])\}^{-1} \\ \Delta[\rho_2] = \Delta[\rho_{2,1}]\{\Delta[r_{1,(1)}] : \Delta[r_{2,(2)}] - 1\}^{-1}; \end{cases}$$

de sorte que

$$(7) \qquad [\rho_3] = [\rho_1] + \Delta[\rho_1] = [\rho_2] + \Delta[\rho_2].$$

Les premières relations (2) et (4) permettent d'écrire

$$[P'_1] - [P'_2] + [\rho_2] = [2S] - [\rho_1],$$

d'où, en ajoutant à chaque membre la somme $[\rho_1] + [\rho_2]$, il vient

$$(8) \qquad [P'_1 \rho_1^2] - [P'_2 \rho_1] = [2S\rho_2] - [\rho_2^2] = \varpi.$$

Cette relation montre que, la différence des logarithmes des deux premiers termes des équations (1) étant la même, connaissant donc leur somme algébrique pour avoir la même somme des deux premiers termes de la seconde équation, il suffit au plus grand d'entre eux, en valeur absolue, d'ajouter algébriquement le même nombre pris dans les Tables des logarithmes d'addition et de soustraction avec ϖ comme argument et vice versa.

Les calculs provisoires se trouvent ainsi raccourcis. On a de plus

$$\varpi = [\rho_{2,1}];$$

de même, les relations (6) se prêtent à un calcul facile et le facteur en parenthèses, suivant le rapport qui y intervient, peut être pris directement dans les Tables.

Voici un exemple. Comète 1943 (V-Gent-Peltier-Daimica)

$$[P'_1] = [1{,}3055614]; \quad [P'_2] = [0{,}8744049_n]; \quad [P'_3] = [0{,}0143971];$$
$$[2S] = [\bar{1}{,}8199421_n]; \quad [R^2] = [\bar{1}{,}9856720].$$

Sans difficulté on trouve ainsi

$$[\rho_1] = [\bar{1}{,}5688435]; \quad [r_1] = [0{,}2866329]; \quad [r_{(1)}] = [\bar{1}{,}9672661];$$
$$[\rho_2] = [\bar{1}{,}8199421]; \quad [r_2] = [\bar{1}{,}6102864]; \quad [r_{(2)}] = [\bar{1}{,}9928360].$$

Les formules (6) et (7) donnent alors une valeur de $[\rho]$ très proche de la valeur exacte.

$$[\rho_3] = [\bar{1}{,}5688435] + 0{,}1142480 = [\bar{1}{,}8199421] - 0{,}1368506 = [\bar{1}{,}6830915]$$

et, avec une approximation seulement, on obtient la valeur définitive

$$[\rho_4]=[\bar{1},8199421]-0{,}1361052=[\bar{1},6830915]+0{,}0007454=[\bar{1},6838369].$$

L'avantage de la méthode apparaît ainsi clairement, étant donné qu'en partant de la même valeur de $[\rho_1]$ et en appliquant la méthode de Newton, cinq approximations seraient nécessaires, en calculant chaque fois, d'après le système (1), la fonction

$$f(\rho_n)=2^{-1}(P'_1\rho_n^2+P'_2\rho_n+P'_3)-r_{(n)}^{-1}$$

et la dérivée correspondante

$$f'(\rho_n)=P'_1\rho_n+2^{-1}P'_2+(\rho_n+S)r_{(n)}^{-3}.$$

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la prévision des taches solaires.* Note de M. Marcel Mayot, présentée par M. Charles Maurain.

Je me propose de chercher les valeurs probables des nombres pondérés mensuels de Wolf qui caractérisent l'activité des taches solaires.

Pour cela, je suppose qu'il existe entre plusieurs valeurs observées consécutives y_i des relations de récurrence linéaires à coefficients constants de la forme

$$\begin{aligned}
y_n &= a_1y_{n-1}+a_2y_{n-2}+\ldots+a_ny_0+\varepsilon_n,\\
y_{n+1} &= a_1y_n+a_2y_{n-1}+\ldots+a_ny_1+\varepsilon_{n+1},\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\
y_N &= a_1y_{N-1}+a_2y_{N-2}+\ldots+a_ny_{N-n}+\varepsilon_N,
\end{aligned}$$

dans lesquelles le terme complémentaire ε_i représente une valeur aléatoire dépendant des erreurs d'observation et aussi de l'écart entre la loi vraie de variation inconnue et la formule supposée.

Si les relations précédentes étaient vérifiées avec $\varepsilon_i=0$, la fonction $y(t)$ pourrait être exprimée par une somme de fonctions entières, exponentielles ou trigonométriques.

Je détermine les coefficients $a_1, a_2, \ldots, a_n$ par la condition des moindres carrés

$$E=\sum_n^N\varepsilon_i^2 \text{ minimum.}$$

J'étudie systématiquement la variation de

$$e^2=\frac{E}{N-n+1},$$

avec le nombre de paramètres n, le nombre de valeurs utilisées N et l'intervalle entre deux valeurs consécutives (1, 2, 3, ..., 12 mois). Enfin, j'étudie

a posteriori la loi de répartition des ε_i qui est sensiblement une loi de Gauss (au moins pour un intervalle de 60 ans).

Les relations précédentes permettent de calculer un an à l'avance des valeurs probables de y_i.

Entre 1884 et 1946, j'ai obtenu les relations numériques

$$y_{11} = 1,31\,y_{10} - 0,71\,y_9 + 0,19\,y_8 - 0,07\,y_7 + 0,12\,y_3 - 0,07\,y_2 + 0,25\,y_1.$$

L'écart quadratique moyen est voisin de $e = 10$.

J'ai cherché de même des relations de la forme

$$\begin{aligned} y_{n+1} &= b_1 y_{n-1} + b_2 y_{n-2} + \ldots + b_n y_0 \quad + \varepsilon_{n-1},\\ y_{n+2} &= b_1 y_n \quad + b_2 y_{n-1} + \ldots + b_n y_1 \quad + \varepsilon_{n+2},\\ y_N &= b_1 y_{N-2} + b_2 y_{N-3} + \ldots + b_n y_{N-n-1} + \varepsilon_N.\end{aligned}$$

Ces relations permettent d'obtenir des valeurs probables deux ans à l'avance : j'ai utilisé la relation

$$y_{11} = 1,11\,y_9 - 0,79\,y_8 + 0,18\,y_7 - 0,09\,y_6 - 0,10\,y_5 + 0,21\,y_4 + 0,03\,y_3 - 0,09\,y_2 + 0,55\,y_1.$$

L'écart quadratique moyen est voisin de $e' = 15$.

On obtient pour 1948 (deux ans à l'avance) les valeurs probables suivantes :

Janvier.......	111	Mai..........	130	Septembre....	145
Février	121	Juin	138	Octobre......	149
Mars.........	125	Juillet	145	Novembre....	152
Avril	126	Août.........	146	Décembre	153

Ces résultats sont à rapprocher de ceux de A. Gleissberg (¹) qui annonce une probabilité de 0,95 pour que le prochain maximum ait lieu avant mai 1948, et de M. Waldmeier (²) qui indique comme valeur et date probables du prochain maximum,

$$R_M = 139, \qquad T_M = 1947,6.$$

Les relations précédentes ne correspondent pas à des fonctions presque périodiques de la forme

$$y(t) = \sum_i A_i \sin(a_i t + \varphi_i).$$

On peut s'imposer *a priori* cette forme et chercher les relations de récurrence correspondantes. Les résultats obtenus avec la relation

$$y_9 = y_0 + 1,09(y_8 - y_1) - 0,43(y_7 - y_2) - 0,16(y_6 - y_3) + 0,31(y_5 - y_4)$$

donnent pour dispersion $e'' = 12$ (un an à l'avance).

(¹) *Astrophysical Journal*, **100**, 1944, p. 114.

(²) *Terrestrial Magnetisme and atmospheric Electricity*, **51**, 1946, p. 270.

Cette relation correspondrait aux périodes suivantes (en années) :

$$P_1 = 10,9, \quad P_2 = 2,3, \quad P_3 = 3,4, \quad P_4 = 5,6,$$

mais on peut trouver d'autres relations donnant une valeur peu différente de $e'' = 12$ et correspondant à des périodes assez différentes.

Lorsque le nombre N d'observations utilisées devient suffisamment grand, les relations de récurrence de la première forme correspondent automatiquement à des fonctions presque périodiques (3).

Remarques sur la Note précédente,
par M. CHARLES MAURAIN.

L'activité solaire, dont les taches sont une manifestation, intervient dans divers phénomènes terrestres, en particulier dans l'état électrique de la haute atmosphère et dans la variation diurne des éléments magnétiques. Une prévision approximative des caractères numériques de cette activité permet ainsi des prévisions relatives à la transmission des signaux radioélectriques et à la variation diurne de la déclinaison magnétique (laquelle intervient comme correction dans les évaluations de la déclinaison correspondant à des heures déterminées).

C'est ce qui a conduit à rechercher les meilleures conditions d'une prévision approximative de l'activité solaire. Il s'agit d'une opération de caractère purement empirique; son intérêt actuel provient des applications qu'on en peut faire, mais il est possible que la comparaison des résultats obtenus par diverses méthodes avec ceux déduits ensuite des observations, apporte une contribution à l'étude de la nature et du mécanisme des phénomènes d'activité solaire.

ALLOTROPIE. — *L'allotropie du fer et celle de l'hélium.*
Note (1) de M. **CARL BENEDICKS**, présentée par M. Albert Portevin.

1. Une analyse des transformations allotropiques possibles des éléments (2) a fait relever deux points d'intérêt spécial : 1° Les transformations se font en partie d'une manière continue. La contraction continue du fer s'opérant de 770°C. à 900°C. (domaine *beta* d'*Osmond*), dépend de ce que la transformation alpha → gamma se fait en partie d'une manière continue; dans un tel domaine, il n'y a qu'une phase. Dans le cas limite, *type IV*, la transformation se fait entièrement de manière continue, et il n'y a pas de température où deux phases coexistent. 2° L'allotropie dépend d'un changement intérieur de l'atome. Ainsi, le ferro-magnétisme du fer alpha et le paramagnétisme du fer gamma

(3) M. MAYOT, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 125.

(1) Séance du 9 juin 1947.

(2) C. BENEDICKS, *Journal Iron Steel Institute*, **86**, 1912, p. 242; **89**, 1914, p. 407.

doivent être rapportés à des états différents des atomes. A cause de la complexité de l'atome Fe, il n'est pas possible à présent d'indiquer la nature de ce changement intérieur.

2. Par les belles recherches du laboratoire de Leyde, on sait que l'hélium possède une transformation allotropique, désignée comme *point* λ, et s'opérant dans un intervalle de 2°,4 K. à (disons) 1°,6 K.; la chaleur spécifique possède un maximum marqué à 2°,19 K. ([3]). On est d'accord qu'il n'y a pas de température où deux phases coexistent. Le He liquide, stable au-dessus de l'intervalle λ, est désigné comme HeI. HeII, l'état des températures inférieures est caractérisé par un grand nombre de propriétés paradoxales, restées inexpliquées jusqu'ici.

Il est évident que cette transformation du He appartient au *type IV*.

3. Pour ce qui est du changement atomique intérieur dans ce cas, les choses sont d'une remarquable simplicité. Dans l'état actuel de la science, il n'y a que deux changements intérieurs possibles :

1° L'atome He perd un électron;

2° L'atome He perd deux électrons.

Le seul changement possible est donc que dans l'intervalle λ l'*atome* He *subit une ionisation*, complète ou partielle. En d'autres termes, HeII doit être constitué, complètement ou partiellement, par des *particules* α.

Tout d'abord, cette conclusion logique paraît bien paradoxale. La tension d'ionisation est de 20,4 volts; donc, l'énergie d'ionisation ne pourra pas être attribuée à l'agitation thermique, minimale à ces températures basses. Or, il en est tout autrement si l'on considère que le He se trouve en contact avec une paroi solide, comme le verre. L'électrisation de contact, ou de friction, donne facilement des tensions de l'ordre de 100 volts. Un mouvement faible pourra donc causer une ionisation des atomes He. On n'a qu'à admettre que les électrons ont, à ces basses températures, une *affinité* plus grande pour les atomes de la paroi que pour le noyau He. Il a été démontré par *Richardson*, *Soddy* et *Henderson*, et confirmé par *Rutherford* ([4]), que les atomes He ont, à la température ambiante, une grande tendance de perdre des électrons, par collision avec d'autres atomes.

Notre conclusion est donc bien moins paradoxale qu'on ne le croirait.

4. La conséquence la plus immédiate est la présence dans HeII de *forces répulsives*. Ces forces répulsives, combinées aux forces attractives des noyaux (forces newtoniennes), causeront dans HeII un réseau tétraédrique. HeII pourra être considéré comme un gaz anisotrope.

La propriété la plus surprenante de HeII, la *suprafluidité*, s'explique par la présence des forces répulsives : la viscosité du gaz anisotrope doit sensiblement être zéro.

([3]) Voir W. H. KEESOM, *Helium*, Amsterdam, 1942.

([4]) *Rutherford*, New-York, 1939, pp. 146, 293.

5. L'énorme *conductibilité calorique* est expliquée, selon la théorie cinétique des gaz, par la petite masse des noyaux et par leurs dimensions minimales qui donneront des libres parcours énormes.

La conductibilité calorique, la suprafluidité, *l'effet Fountain* et *l'effet méchano-calorique* forment un groupe cohérent de propriétés, si l'on considère qu'un nombre de noyaux mis en mouvement pourront être considérés, ou déterminés expérimentalement, A, comme énergie cinétique (chaleur, augmentation de température), ou B, comme un transport de matière en mouvement.

L'effet si surprenant de l'ascension du HeII le long des parois, formant une *couche Rollin*, est une conséquence directe de l'ionisation admise. En effet, dans la paroi en contact avec le HeII, les électrons auront une tendance de se propager vers le haut, ce qui est facilité par une conductibilité même faible de la paroi. L'*effet Kamerlingh Onnes* en résulte immédiatement.

La *résistance électrique* sera bien grande, comme on l'a constaté, puisqu'il la n'y a pas d'électrons dans le HeII.

Toutes les propriétés étonnantes, si bien décrites par W. H. Keesom ([5]), paraissent être bien élucidées par l'hypothèse de l'ionisation; elle est donc entièrement plausible. Un nombre de problèmes expérimentaux en résultent.

Comme l'a fait remarquer M. Keesom, une idée toute nouvelle est indispensable afin d'expliquer le grand nombre de propriétés étranges, et tout spécialement le rôle exercé par la paroi. L'idée de l'ionisation paraît bien satisfaire à cette condition de nouveauté.

ÉLECTRICITÉ. — *Réalisation d'un système d'alimentation à courant constant.* Note ([1]) de M. ALAIN GODEFROY, présentée par M. Jean Cabannes.

On se propose de réaliser la stabilisation d'une source de courant continu ou alternatif, alimentée par le secteur. On utilise pour cela le fait que la résistivité d'un fil de tungstène varie avec la température, de telle sorte que la résistance r du filament d'une lampe d'éclairage ordinaire croît linéairement avec l'intensité i du courant qui la parcourt ([2]); la courbe représentant les variations de r en fonction de i pour une lampe d'éclairage de cadran, dont la tension nominale est de 6,3 V et le courant normal de 0,3 A, est rectiligne pour les valeurs de i comprises entre 170 et 300 mA; on fera fonctionner la lampe avec un courant moyen de 250 mA afin d'éviter le vieillissement de son filament.

([5]) *Loc. cit.*

([1]) Séance du 9 juin 1947.

([2]) Le fait que la résistivité d'un fil de nickel varie avec la température a été récemment utilisé par L. Le Blan dans la réalisation d'un stabilisateur basé sur un principe différent (*Comptes rendus*, 224, 1947, p. 643).

Le régulateur proposé utilise deux de ces résistances montées en pont ([3]) suivant le schéma 1. Afin de simplifier nos premiers essais, nous avons donné

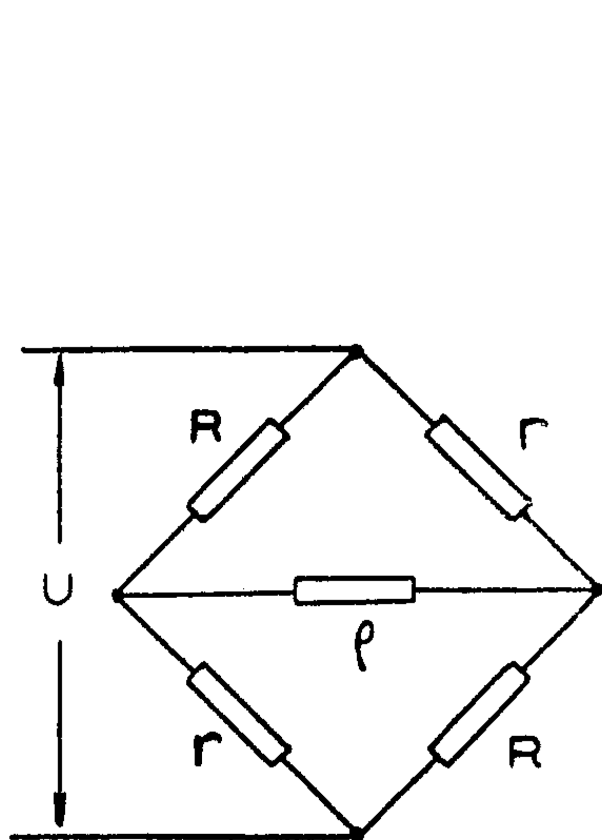


Fig. 1.

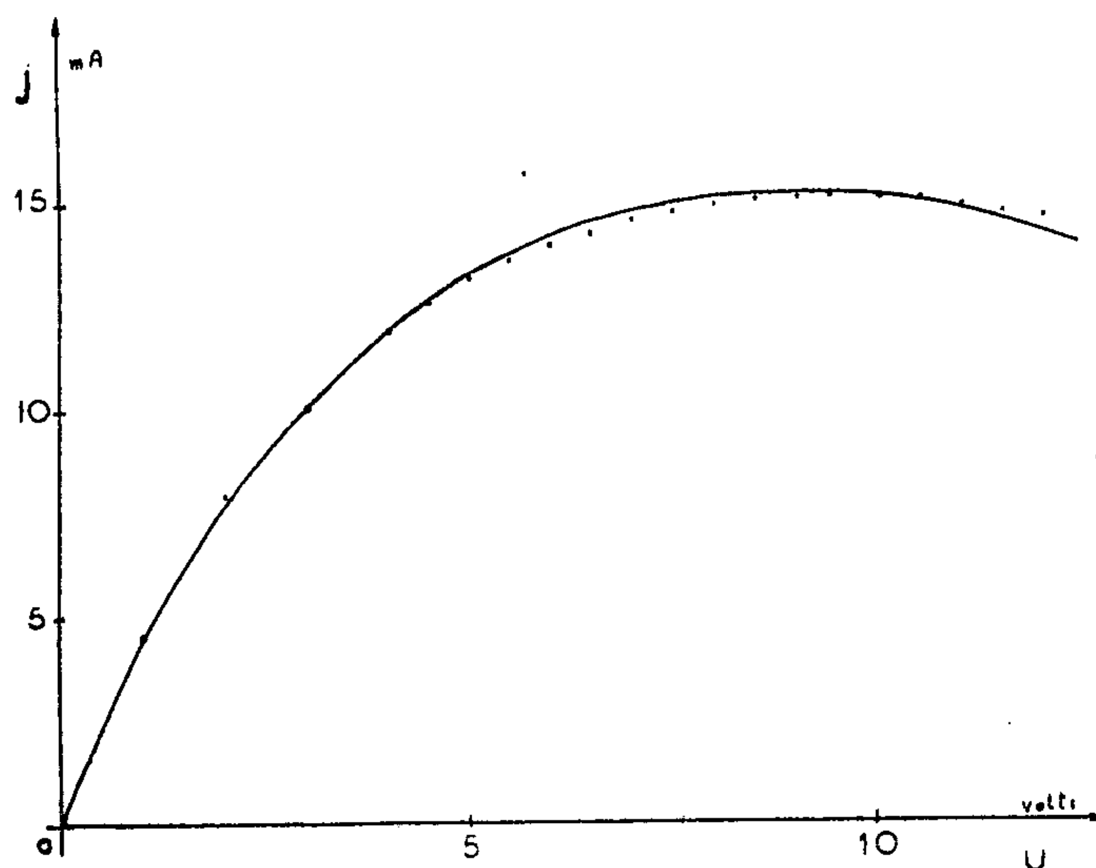


Fig. 2.

même valeur aux deux résistances R, qui sont des résistances normales en constantan; les deux résistances r sont en tungstène, jouissant de la propriété énoncée plus haut, et ont été choisies identiques dans un lot de lampes provenant d'une même série de fabrication; ρ, résistance d'utilisation, est également normale.

Nous désignerons en outre par U, la tension d'alimentation du pont; j le courant d'utilisation; i le courant parcourant r.

Dans le domaine d'utilisation fixé, il est possible d'exprimer r en fonction de i, avec une précision suffisante, grâce à la relation linéaire

$$r = a + bi, \tag{1}$$

où a et b sont les constantes caractéristiques de la lampe utilisée.

En fonction du courant i parcourant les deux résistances régulatrices, la tension d'alimentation U et le courant d'utilisation j ont pour expression

$$U = \frac{R\rho + (a+bi)(\rho + 2R)}{R+\rho} i, \tag{2}$$

$$j = \frac{R - (a+bi)}{R+\rho} i, \tag{3}$$

Ces deux relations permettent de construire la courbe $j = f(U)$ qui repré-

([3]) Hinz et Kallman, *Applications des circuits à éléments non linéaires* (*Électronics*, août 1946).

sente la caractéristique du régulateur de courant, en fonction de la tension d'alimentation.

Dans l'exemple ci-dessus, $a = 2$ et $b = 60$. Les résistances fixes du pont ayant pour valeur $R = 24,8\ \Omega$ et la résistance de la diagonale étant de $166\ \Omega$, le courant d'utilisation est de 15 mA. La courbe 2 a été calculée dans ces conditions, à partir des relations (2) et (3). Les points marqués, qui représentent les résultats expérimentaux, se placent par rapport à la courbe théorique d'une façon satisfaisante.

La courbe $j = f(U)$ passe par un maximum au point de coordonnées

$$(4)\qquad U_m = \frac{R(3\rho + 2R) + (\rho + 2R)a.(R - a)}{4b(R + \rho)},$$

$$(5)\qquad j_m = \frac{(R - a)^2}{4b(R + \rho)},$$

représentant les valeurs moyennes de la tension d'alimentation et du courant d'utilisation au voisinage du point de fonctionnement du régulateur.

Lorsque la tension d'alimentation U_m varie de la quantité ΔU au voisinage du point de fonctionnement, il en résulte pour les courants i_m et j_m, des variations Δi et Δj telles que

$$(6)\qquad \Delta j = -\frac{b}{R + \rho}(\Delta i)^2,$$

$$(7)\qquad \Delta U = 2Ri + \frac{b(2R + \rho)}{R + \rho}(\Delta i)^2.$$

Ces relations permettent de calculer le rapport $\Delta j/\Delta U$, ou taux de régulation du système autour de son point de fonctionnement.

Dans le cas précédemment choisi, le calcul montre qu'il est inférieur à 1 % lorsque ΔU ne dépasse pas 10 %.

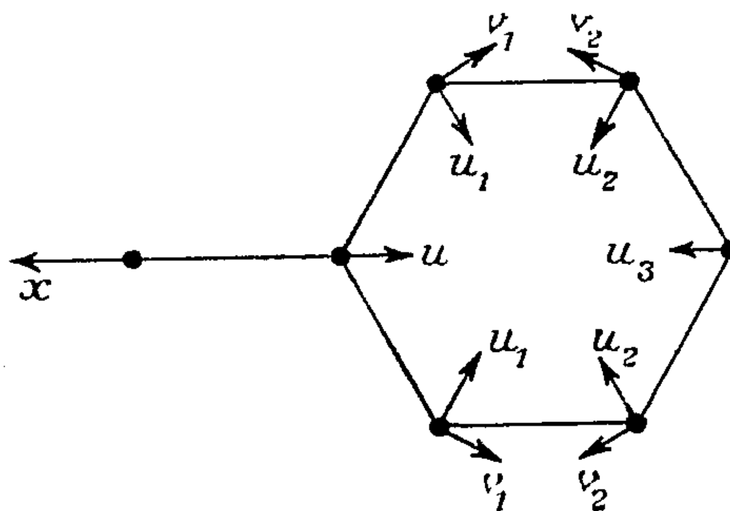
Un tel régulateur est utilisable en courant continu ou en courant alternatif pourvu que la période de celui-ci soit faible devant la constante de temps thermique du filament de tungstène.

Lorsque l'alimentation se fait sur secteur par l'intermédiaire d'un régulateur statique, on ne peut constater aucune variation de ce courant supérieure au millième lorsque la tension ne varie pas au moins de 50 %.

Bien entendu le présent dispositif ne permet pas d'éliminer les variations instantanées du secteur, de faible durée par rapport à la constante de temps thermique du filament; elles se traduisent par des variations brusques du courant d'utilisation qui s'annulent quelques dixièmes de seconde après l'impulsion, quand le filament a atteint sa température d'équilibre.

SPECTROSCOPIE. — *Détermination de la constante de liaison* $C_6H_5 — X$ *dans les dérivés benzéniques monosubstitués*. Note (¹) de MM. **Jean Barriol** et **Claude Cherrier**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous nous sommes proposé de déterminer la constante de liaison $C_{Ar} — X$ des dérivés monosubstitués du benzène à partir des données du spectre de diffusion. Parmi les raies polarisées de ce spectre, il en est une que l'on rapporte habituellement à la vibration de valence $C_{Ar} — X$, et qui correspond à un mouvement plan. Les équations de ce mouvement seront écrites avec les notations de la figure. L'énergie potentielle de déformation sera évaluée



comme somme de trois termes, le premier provenant de la variation de longueur C — X, le second, de la variation de longueur des liaisons C — C du noyau et le dernier, de la variation des angles de valence du noyau. Ces trois termes ont respectivement pour valeur :

$$2U_1 = F(u+x)^2,$$

$$2U_2 = \frac{1}{2}f\left\{[u+u_1-v_1\sqrt{3}]^2+[u_1+u_2+(v_1+v_2)\sqrt{3}]^2+[u_2+u_3-v_2\sqrt{3}]^2\right\},$$

$$2U_3 = D\left\{[(u-u_1)\sqrt{3}-v_1]^2+\frac{1}{2}[(2u_1-u-u_2)\sqrt{3}+v_2]^2 + \frac{1}{2}[(2u_2-u_1-u_3)\sqrt{3}+v_1]^2+[(u_3-u_2)\sqrt{3}-v_2]^2\right\}.$$

L'énergie cinétique totale s'écrira, en désignant par M la masse du substituant X, μ celle de l'atome de carbone qui lui est lié et m celle des cinq autres CH du noyau, considérés comme se déplaçant en bloc

$$2T = M\dot{x}^2+\mu\dot{u}^2+m[\dot{u}_3^2+2(\dot{u}_1^2+\dot{u}_2^2+\dot{v}_1^2+\dot{v}_2^2)].$$

Il en résulte les équations du mouvement que nous mettrons sous une forme particulièrement simple en introduisant les variables

$$u_1+u_2=\xi_1, \qquad u_1-u_2=\xi_2, \qquad v_1+v_2=\eta_1, \qquad v_1-v_2=\eta_2.$$

(¹) Séance du 9 juin 1947.

Nous écrirons ces équations, en posant $K = (m\omega^2/f)$, $\varepsilon = (D/f)$,

(1) $$(4K - 3 - 9\varepsilon)\xi_1 = (1 - 9\varepsilon)(u + u_3) + (1 + 3\varepsilon)\sqrt{3}\,\eta_1,$$

(2) $$(4K - 9 - 3\varepsilon)\eta_1 = -\sqrt{3}(1 + 3\varepsilon)(u + u_3) + \sqrt{3}(1 + 3\varepsilon)\xi_1,$$

(3) $$(4K - 1 - 33\varepsilon)\xi_2 = (1 - 15\varepsilon)(u - u_3) - \sqrt{3}(1 + \varepsilon)\eta_2,$$

(4) $$(4K - 3 - 3\varepsilon)\eta_2 = -\sqrt{3}(1 + \varepsilon)(u - u_3) - \sqrt{3}(1 + \varepsilon)\xi_2,$$

(5) $$2Ku_3 = u_2 + u_2 - v_2\sqrt{3} + \varepsilon\sqrt{3}\left[(u_1 + 3u_2 - 4u_3)\sqrt{3} - v_1 - 2v_2\right],$$

(6) $$2\frac{\mu\omega^2}{f}u = 2\frac{F}{f}(u + x) + u_1 + u - v_1\sqrt{3} + \varepsilon\sqrt{3}\left[(u_2 + 3u - 4u_1)\sqrt{3} - v_2 - 2v_1\right],$$

(7) $$M\frac{\omega^2}{f}x = \frac{F}{f}(u + x).$$

Dès lors, les calculs se présentent sous la forme suivante : les constantes f et ε étant supposées connues, on se propose d'étudier la configuration de la vibration correspondant à la raie de diffusion donnée par l'expérience et attribuée à la vibration C—X. C'est ainsi que dans le cas du toluène, nous sommes partis de la raie 785 cm^{-1} polarisée, en accord avec les attributions de K. W. H. Kohlrausch (²). Nous avons admis les valeurs $f = 7{,}6.10^5$ C.G.S. et $\varepsilon = 0{,}085$. On prend $u_3 = 1$; les équations (1) et (2) permettent alors de calculer numériquement ξ_1 et η_1 en fonction de u et de même pour ξ_2, η_2 à partir de (3) et (4). On obtient ainsi u_1, u_2, v_1, v_2 comme fonctions linéaires de u. La relation (5) permet alors de calculer u, et il reste deux équations à deux inconnues (6) et (7) pour obtenir x et F. Dans le cas du toluène, il vient :

$$u = 0{,}27; \quad u_1 = -0{,}54; \quad u_2 = -1{,}59; \quad v_1 = 0{,}97; \quad v_2 = 0{,}14;$$
$$x = 1{,}52; \quad u_3 = 1 \quad \text{d'où} \quad F = 4{,}70.10^5 \text{ C. G. S.}$$

L'accumulation des erreurs au cours du calcul peut être évitée, en remarquant (³) que la quantité $\omega^2 = (U/T')$, où U est l'énergie potentielle et T' l'expression de l'énergie cinétique dans laquelle les vitesses $\dot{u}$, ... ont été remplacées par les coordonnées elles-mêmes, doit être stationnaire lors d'une variation de la configuration de la vibration. La valeur obtenue par ce moyen doit être préférée à la précédente. Dans le cas traité, il vient $F = 4{,}85.10^5$; l'accord entre les deux valeurs est une preuve de l'exactitude des calculs.

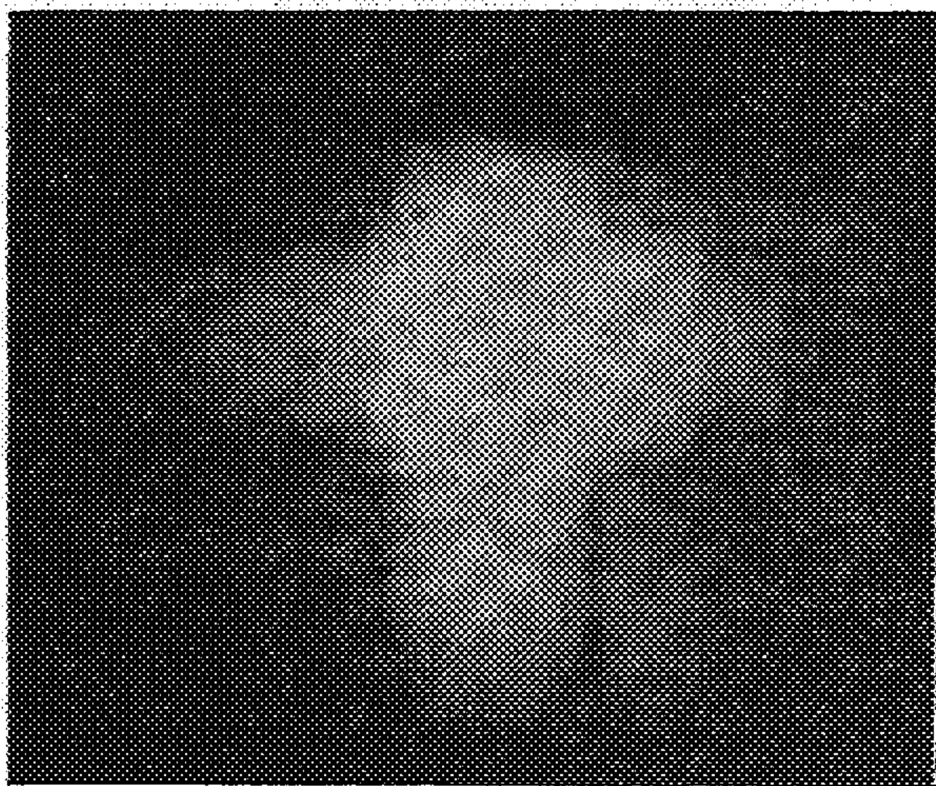
Dans le cas traité, l'énergie potentielle se décompose comme suit : U_1, 29 % ; U_2, 32 % ; U_3, 39 %. La liaison C—X n'intervient donc que pour 29 % dans l'énergie totale de déformation, ce qui est faible et ne permet pas d'espérer une grande précision dans le calcul de F. Ce calcul permet d'apprécier la part importante que l'ensemble de la molécule prend à la vibration considérée comme vibration de valence C—X.

(²) *Ramanspektren*, Leipzig, 1943, VI, p. 363.

(³) J. Barriol, *Thèse*, Paris, 1946, p. 105.

RAYONS X. — *Répartition non homogène de l'intensité du faisceau de rayons* X *obtenus avec les tubes de radiothérapie*. Note (¹) de M. JEAN-ANTOINE REBOUL, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous étant proposé d'étudier de façon simple les courbes isodoses obtenues avec les tubes de radiothérapie trouvés dans le commerce, nous avons préparé des émulsions spéciales très lentes; notre but était de pouvoir soumettre ces plaques au rayonnement de tubes à débit assez important (20 à 30 rœntgens/minute) pendant un temps suffisamment long (10 minutes). Les expériences ont montré incidemment un phénomène curieux. Au lieu d'obtenir sur une plaque placée perpendiculairement au rayon normal une opacité homogène, nous avons obtenu l'impression représentée sur la figure. On a une croix



lumineuse centrale, assez intense, dont chacune des branches affecte la forme d'une longue-vue. En outre, il existe des franges alternativement brillantes et sombres tout à fait analogues à des franges de diffraction. Il s'agit là d'un double phénomène, dû à deux ordres de faits fondamentalement différents.

1° *Croix centrale*. — C'est un phénomène de pénombre, analogue à ceux étudiés par G. Sagnac il y a une cinquantaine d'années (*J. Phys.*, 3, VI, p. 169 et 3, VII, p. 28). Les tubes comportent un diaphragme intérieur, et, en outre, on localise le faisceau suivant le champ à irradier par un localisateur conique comportant également un diaphragme rectangulaire au plomb. On peut vérifier aisément que, si on augmente l'ouverture de ce second diaphragme, le phénomène de la croix centrale disparaît. On peut, en outre, calculer les dimensions de cette croix d'après les données géométriques du problème.

(¹) Séance du 28 mai 1947.

Ce phénomène résulte donc d'un vice de construction des tubes de radiothérapie; il est extrêmement important. En effet, le rapport des opacités, donc des énergies X sur la croix et en dehors, peut être de 10 à 1. Il s'ensuit que l'irradiation de certaines tumeurs est complètement non homogène, certaines zones de la tumeur pouvant recevoir des doses stérilisantes, et les points voisins des doses dix fois plus faibles, donc insuffisantes. Ce phénomène se verra surtout avec les champs de petite dimension et les localisateurs coniques. C'est le cas des irradiations de tumeurs du larynx; comme, en outre, ces tumeurs ne sont pas extérieurement visibles, et qu'elles sont de petites dimensions et que le centrage est forcément imparfait, il faut peut-être voir là la cause des échecs fréquents de la radiothérapie sur les cancers du larynx.

Bien entendu, ce phénomène dépend essentiellement de la construction des tubes, et il ne s'observera pas pour certains appareils.

2° *Franges*. — Nous avons pu vérifier que ce phénomène provient des plaques spéciales que nous avons utilisées. Il ne se retrouve pas avec des plaques ordinaires. Nos plaques sont très pauvres en gélatine et très riches en halogénures d'argent (puisque extrêmement peu sensibles). Les franges observées semblent dues à un phénomène de diffraction des rayons X secondaires mous excités par le faisceau primaire dur (200 kV) frappant les parois du localisateur. Ce sont les petits cristaux d'halogénure d'argent qui jouent le même rôle que celui joué par les cristaux dans la diffraction des rayons X. Ce phénomène est également intéressant, car il fournit un moyen simple d'obtenir des diagrammes de Laue avec des substances pulvérisées.

RAYONS X. — *Tube à rayons X à foyer linéaire de grande brillance.* Note ([1]) de M. **Maurice Poittevin**, présentée par M. Charles Mauguin.

Il est possible d'obtenir un foyer linéaire de très grande brillance avec une cathode ayant la forme d'une portion de cylindre et une anticathode plane disposée près de son axe (*fig.* 1).

Au voisinage du plan de symétrie des électrodes, les lignes de force sont sensiblement des arcs de circonférence dont la courbure moyenne est proportionnelle à la distance d qui sépare leur origine M de ce plan.

Pour chaque point M de la cathode, il existe une valeur de D pour laquelle les électrons partant de ce point arrivent sur l'anticathode au point Y. Pour que le foyer ait une dimension théoriquement nulle, il faut que, pour cette distance D, tous les électrons émis entre X et M convergent en Y. Il suffit, pour cela, que la déviation de chaque trajectoire par rapport à la tangente à son origine soit proportionnelle à d, c'est-à-dire que

$$\int_{D+R}^{0} \frac{K_1 H \sin\alpha}{\rho^2} L\, dL = K_2 d,$$

([1]) Séance du 9 juin 1947.

où H = champ électrique; v = vitesse de l'électron; α = angle de la vitesse et du champ; L = distance restant à parcourir pour atteindre l'anticathode.

Cette condition est satisfaite si d est assez petit.

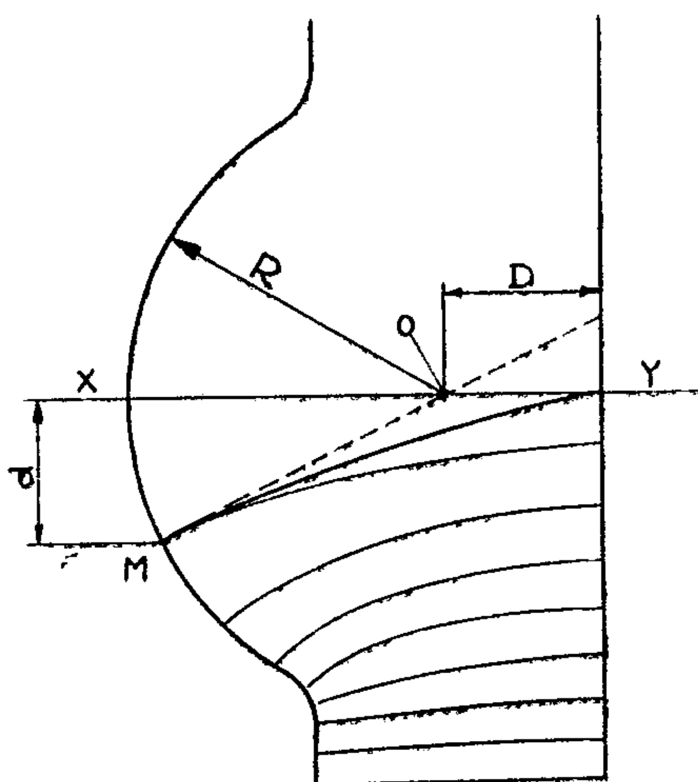


Fig. 1.

Un tube a été réalisé d'après ce principe suivant la disposition de la figure 2. Un filament courbe est placé dans une gorge creusée dans une pièce de

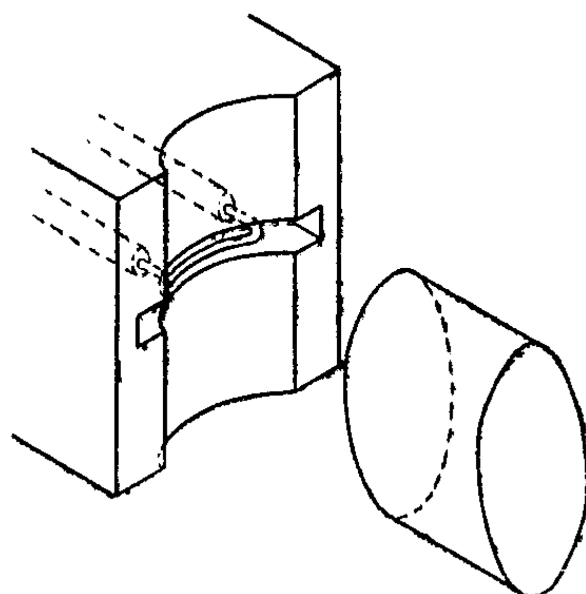


Fig. 2.

concentration semi-cylindrique. Les extrémités de ce filament sont refroidies par les tiges qui le supportent, de sorte que seule sa partie centrale correctement incurvée peut émettre des électrons.

Le foyer de ce tube a $2^{mm},5$ de longueur. Sa largeur est difficile à mesurer par les moyens actuels dont la précision est insuffisante. Des mesures effectuées dans des conditions différentes ont donné respectivement $0^{mm},04$, $0^{mm},06$ et $0^{mm},1$.

Ce foyer supporte 300 watts, c'est-à-dire que si l'on admet la largeur de $0^{mm},1$, sa brillance réelle est de 1200 watts par millimètre carré et sa brillance

apparente de 30 kilowatts par millimètre carré lorsque ses dimensions apparentes sont celles d'un carré de $0^{mm},1$ de côté.

Avec ce tube, des diagrammes de très grande finesse ont été obtenus dans des temps de pose très courts au Laboratoire de Chimie Physique de la Faculté des Sciences de Paris (Service de M[lle] Cauchois).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Rigidité des solutions macromoléculaires.* Note [1] de M. **Yvon Conseiller**, transmise par M. Jacques Duclaux.

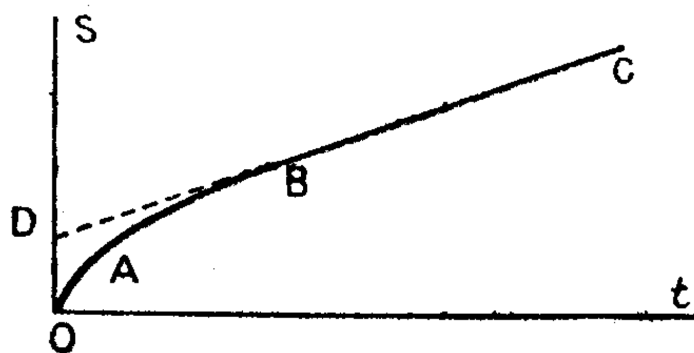
C'est à Maxwell qu'on doit la notion de rigidité des liquides. Elle n'est donc pas récente, mais nous est cependant peu familière du fait que la déformation d'un liquide est une grandeur difficilement accessible à l'expérience.

Jusqu'ici, à ma connaissance, les mesures directes de la rigidité n'ont porté que sur des gels. J'ai étudié la déformation de solutions macromoléculaires très visqueuses qui n'en sont pas moins de véritables liquides, puisque leur contrainte limite de cisaillement est inférieure à la sensibilité des méthodes de mesures (0,1 à 0,2 dyne/cm²).

Les expériences ont été faites en plaçant les solutions entre deux plaques de verre parallèles et horizontales, dont l'une restait fixe et l'autre était tirée dans son plan par une force connue constante.

J'appellerai « déformation apparente » ou « déformation totale » de la solution, la quantité dont la plaque supérieure s'est déplacée par rapport à la plaque fixe à partir du moment où la force a été appliquée, la plaque supérieure étant immobile avant l'application de la force.

J'ai constaté que la courbe représentative de la déformation apparente S, en fonction du temps t, a toujours l'allure qu'indique la figure; la partie



curviligne OAB est prolongée par la droite BC et a toujours sa concavité tournée vers le bas.

Il résulte de la décroissance de la vitesse de déformation, que la valeur F de la force élastique interne croît d'abord très rapidement pour tendre asymptotiquement vers celle de la force appliquée F_e à l'état de régime. Cet état est donc caractérisé par la constance de la tension interne et de la vitesse de défor-

(1) Séance du 9 juin 1947.

mation totale. J'ai ainsi été conduit à admettre l'existence simultanée de deux genres de déformation : la *déformation interne* I, et la *déformation de glissement* ou *écoulement visqueux* G; leur somme algébrique étant la déformation apparente S.

Pendant la première partie du mouvement (section OAB de la courbe) on ne peut distinguer la part qui revient à chaque instant à l'un et à l'autre de ces deux éléments, mais lorsque l'état de régime est atteint il est clair que $I = OD$ et $G = S - OD$.

Module de rigidité. — F et I sont deux fonctions du temps variant dans le même sens. Nous les supposerons proportionnelles en première approximation, et nous poserons

$$F = E\frac{I}{e},$$

E étant le module de rigidité de la solution et e l'épaisseur constante de la couche liquide.

A l'état de régime on a

$$F_e = E\frac{OD}{e};$$

d'où une méthode de mesure directe du module de rigidité E. Jusqu'ici, à ma connaissance, E n'avait été déterminé que par des méthodes indirectes. Lorsque E prend une grande valeur, la précision des mesures est faible car la déformation interne est petite. Dans toutes mes expériences la vitesse de déplacement était suffisamment faible pour que les forces d'inertie soient négligeables.

Valeur du module de rigidité de quelques solutions macromoléculaires.

Macromolécules.	Viscosité intrinsèque (g/l).	Solvant.	Viscosité en poises.	C (g/l).	E (C.G.S.).
Nitrocellulose.........	0,18	Nitrobenzène	70 000	110	90–100
»	0,14	Phtalate d'éthyle	4 500 000	300	2500–4500
»	0,14	Acétate d'amyle	150 000	210	450–550
Polystyrolène.........	0,32	Xylène	170 000	700	4500–6700
Acétate de polyvinyle...	0,10	Alcool benzylique	270 000	500	1100–1700
Acétate de cellulose....	0,15	Cyclohexanone	5 300	180	200–300

L'écart entre les deux nombres mesurant E résulte de déterminations distinctes, dans des conditions opératoires différentes.

Dans ces mesures, la rigidité propre du solvant n'intervient pas, la déformation interne qui lui correspond étant négligeable. Les chiffres indiquent donc la contribution apportée par la substance dissoute, ou plutôt par le couple qu'elle forme avec le solvant. Cette contribution, étant mesurable, donne un nouveau moyen d'étude des solutions macromoléculaires différent des autres, puisqu'il s'applique à des solutions concentrées telles qu'on les emploie dans la pratique, tandis que les méthodes habituelles ne s'appliquent qu'à des solutions

diluées. La même expérience donne simultanément deux grandeurs mécaniques : le module de rigidité et la déformation interne en fonction de l'effort de cisaillement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'oxydation de l'aluminium à haute température.* Note (¹) de MM. **Nicolas Cabrera** et **Jean Hamon**, présentée par M. Albert Pérard.

I. La nouvelle théorie de l'oxydation de Mott (²) suppose que les électrons passent facilement à travers la couche d'oxyde et produisent ainsi dans cette couche un champ électrique qui favorise la diffusion des ions Al^{+++}. Si la différence d'énergie entre le niveau supérieur de la bande de conductibilité du métal et les niveaux électroniques vides des atomes d'oxygène adsorbés à la surface oxyde-air est eV (e charge électronique), l'épaisseur d'oxyde x_c limite, pour laquelle on a une vitesse d'oxydation pratiquement nulle (une couche atomique par 10^7 s), croît avec la température T d'après une loi de la forme (valable pour $T < T_0$) :

$$x_c = \frac{C}{T - T_0}, \qquad kC = \frac{b e_i V}{90}, \qquad kT_0 = \frac{W + U}{45}, \tag{1}$$

où b est la distance séparant un ion Al sur la surface du métal de la première position interstitielle dans l'oxyde, e_i la charge de l'ion, k la constante de Boltzmann, W l'énergie nécessaire pour faire passer l'ion du métal dans une position interstitielle de l'oxyde, et U l'énergie d'activation nécessaire pour

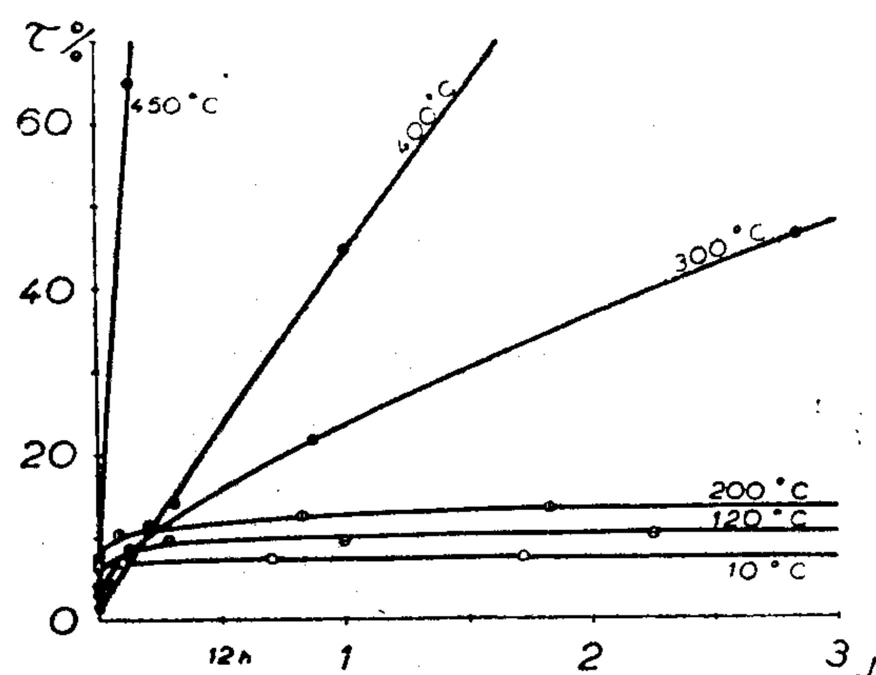


Fig. 1.

faire passer un ion d'une position interstitielle à la plus voisine. Pour $T \gtrsim T_0$, x_c n'est pas infini, mais augmente très rapidement vers des valeurs très grandes. D'autre part, des expériences sur l'oxydation anodique de l'aluminium ont

(¹) Séance du 9 juin 1947.

(²) *J. de Chim. phys.* (sous presse).

permis de prévoir pour W + U la valeur 1,8 eV (3), d'où $T_0 \sim 500°K$; donc il faudrait s'attendre à une augmentation très rapide de la vitesse d'oxydation à partir de 200° C.

2. Nous avons étudié l'oxydation de l'aluminium à diverses températures par la méthode suivante. Des couches d'aluminium ont été obtenues par évaporation dans un vide de 10^{-5} mm Hg; la variation des facteurs de transmission τ et de réflexion a été ensuite mesurée en fonction du temps. La figure 1 donne la variation de τ pour des couches soumises à des températures diverses depuis 10° C. jusqu'à 450° C. On constate que la vitesse d'oxydation augmente à partir de 200° C. pour devenir très rapide à partir de 400° C. On peut estimer la variation de l'épaisseur de la couche d'oxyde formée, en admettant pour l'indice d'extinction de l'aluminium $k \sim 6$; la figure 2 donne les résultats pour les

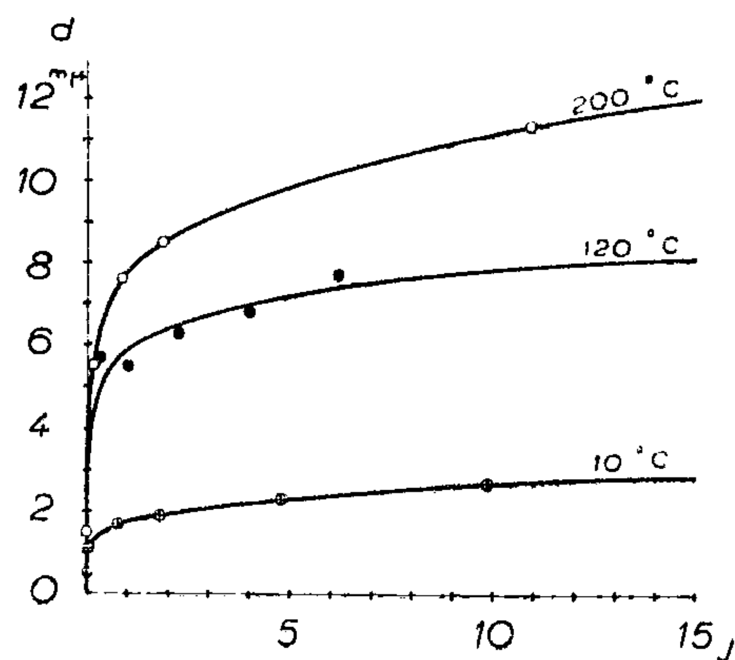


Fig. 2.

températures 10°, 120° et 200° C. Pour les températures supérieures, la méthode ne peut être appliquée, parce que les couches d'aluminium de cette épaisseur (~ 20 mμ) ne sont pas continues, mais prennent une structure granulaire. Pour 300° C. et au-dessus, cette structure est visible au microscope, on observe des grains de 2 à 10 μ de diamètre, disposés assez régulièrement sur un substratum d'aluminium plus ou moins épais. Ces mesures indiquent qu'il y a déjà, à partir de 100° C., une augmentation assez sensible de la vitesse d'oxydation, mais que la valeur de $T_0 \sim 500°K$. déduite de W + U = 1,8 eV est trop basse. Il faudra probablement prendre $T_0 \sim 600$ ou 650°K., d'où W+U$\sim$2,3 à 2,5 eV. G. Haas (4) a étudié aussi la variation de la couche d'oxyde aux températures élevées, il n'a pas observé d'augmentation sensible de son épaisseur au-dessous de 300° C.; par contre, il constate qu'elle croît très rapidement à partir de 400° C.; il a étudié aussi la structure de la couche d'oxyde, laquelle est amorphe

(3) E. J. W. Verwey, *Physica*, 2, 1935, p. 1059.

(4) *Optik*, 1, 1946, p. 134.

jusqu'à 400°C. et devient ensuite cristalline; il en a déduit que la structure amorphe est responsable de la faible épaisseur d'oxyde pour les températures inférieures à 400° C. Si la structure amorphe est composée de très petits cristaux sans que le réseau soit différent au-dessous et au-dessus de 400° C., nous ne croyons pas que la grosseur des grains joue un rôle primordial du point de vue de la diffusion des ions Al^{+++}, surtout dans le sens d'une diminution de la diffusion pour des grains de plus en plus petits. Les formules (1) permettent d'estimer la valeur de eV; en extrapolant à $T = 0$, on a

$$b e_i V = 2 x_{c0} (W + U)$$

et en prenant

$$e_i = 3 | e | \qquad \text{et} \qquad x_{c0} \sim 2\,\mathrm{m}\mu,$$

on a

$$eV = \frac{3,2}{b} eV.$$

RADIOCHIMIE. — *Étude à l'aide des indicateurs radioactifs d'un procédé rapide de séparation de l'yttrium et du lanthane.* Note (1) de Mlle **Jacqueline Beydon**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'étude des terres rares de périodes relativement brèves formées par fission de l'uranium nous a amenée à mettre au point une méthode de séparation rapide des terres cériques des terres yttriques.

Ce travail a été fait sur des mélanges de sels de lanthane et d'yttrium en employant la méthode des indicateurs radioactifs qui permet le dosage facile et précis d'un élément, même en très petite quantité. Nous avons utilisé comme indicateurs du lanthane et de l'yttrium les radioéléments artificiels émetteurs β ${}^{140}_{57}La$ de période 40 heures et ${}^{90}_{39}Y$ de période 60 heures qui sont facilement obtenus au cyclotron par réaction (n, γ).

Soient a et b les poids des oxydes de lanthane et d'yttrium dans le mélange initial, a' et b' leurs poids dans la fraction enrichie en yttrium, par exemple; la quantité de lanthane, exprimée en % de la quantité initiale, passée dans cette fraction, peut s'exprimer ainsi :

$$E\,\% = \frac{a'}{a}\,\frac{b}{b'}\,100.$$

Si, après introduction d'un isotope radioactif du lanthane, l'oxyde de lanthane a une activité spécifique N/a; un poids donné p d'oxyde de la fraction enrichie en yttrium aura une activité N' (les mesures d'activité étant toujours effectuées dans des conditions identiques). D'où

$$E\,\% = \frac{N'}{N}\,\frac{b}{p - a\dfrac{N'}{N}}\,100.$$

(1) Séance du 2 juin 1947.

Il n'est pas possible ici d'introduire simultanément les deux indicateurs, leurs périodes étant trop voisines, pour pouvoir être facilement discernées ensuite dans le mélange.

1° La méthode habituelle de séparation des terres yttriques d'avec les terres cériques par précipitation de celles-ci par le sulfate de potassium a été employée de la manière suivante :

Nous sommes partie de mélanges connus contenant des oxydes des deux éléments en quantités égales, variant suivant les essais de 50 à 100^{mg}.

La solution neutre des sulfates de lanthane, d'yttrium et de radioyttrium, d'activité spécifique déterminée, est concentrée au maximum, additionnée d'un fort excès de solution saturée de SO_4K_2 (30^{cm^3}) et refroidie dans la glace pendant 15 minutes. Le sulfate double de lanthane et de potassium précipité est filtré et lavé avec une solution saturée de SO_4K_2. Il est ensuite dissous dans l'eau légèrement nitrique, et précipité (avec ce qu'il peut contenir d'yttrium) à l'état d'hydroxyde ou d'oxalate; on calcine, pèse à l'état d'oxyde, et mesure l'activité au compteur Geiger-Müller. Le lanthane entraine dans ces conditions de 15 à 20 % de l'yttrium présent.

En procédant à une précipitation fractionnée d'un mélange contenant 50^{mg} de chacun des oxydes (les oxydes obtenus étant à chaque fois pesés, mesurés au compteur, puis transformés en sulfates neutres par dissolution dans l'acide sulfurique dilué en présence d'hélianthine), on a trouvé dans les fractions lanthane successives, des quantités d'yttrium représentant 16 %, 4,5 %, 1,5 %, et 0,8 % de la quantité initiale, ce qui correspond à des entraînements entre deux précipitations successives de 16 %, 27 %, 35 % et 55 %.

Pour étudier la fraction yttrium, des essais ont été effectués suivant la même méthode chimique, mais en utilisant cette fois le radiolanthane comme indicateur. L'yttrium est alors précipité du filtrat deux fois de suite à l'état d'hydroxyde ou d'oxalate, puis calciné, pesé, et mesuré au compteur; il est en effet nécessaire de répéter cette opération pour éliminer le sulfate de potassium qui se trouve entraîné en quantité notable. (Ceci a été vérifié en employant le radiopotassium $^{42}_{19}K$ de période $12^h,4$ comme indicateur.) Il contient environ 3 % du lanthane introduit.

2° En utilisant une solution de sulfate de thallium SO_4TL_2 dans les mêmes conditions que le sulfate de potassium, il a été déterminé de même qu'il passait dans le précipité de sulfates doubles de lanthane et de thallium 2 % de l'yttrium présent initialement, et dans la fraction yttrium environ 20 % du lanthane.

Ces résultats pourraient évidemment varier avec les conditions de précipitation, concentration des éléments, volume de réactif, temps de repos, mais ils n'en resteraient pas moins du même ordre de grandeur.

En conclusion, cette méthode permet de séparer rapidement, et à 2 ou 3 % près, le lanthane ou l'yttrium de leur mélange; il faudra, pour précipiter le lanthane, employer le sulfate de thallium, et pour obtenir l'yttrium, employer le sulfate de potassium.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude des transformations allotropiques du sesquioxyde de praséodyme.* Note [1] de M. **Marc Foëx**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'oxyde de praséodyme Pr_2O_3, comme les différents sesquioxydes des terres rares, existe sous plusieurs formes allotropiques. V. M. Goldschmidt, F. Ulrich et T. Barth [2] ont ainsi mis en évidence une variété A, stable à haute température, appartenant à la forme hexagonale type La_2O_3 [3] [5], ainsi qu'une autre forme B, obtenue en réduisant le sulfate par l'hydrogène vers 900°C. Par ailleurs H. Bommer [4] a préparé une variété cubique C par oxydation ménagée du praséodyme métallique. Cette forme C, trés répandue pour les sesquioxydes rares, présente une structure [3][5] semblable à celle des bioxydes cubiques type fluorine (ThO_2, CeO_2, ...), dans laquelle le quart des ions oxygène aurait disparu, avec en outre une très légère déformation due à un faible déplacement des ions.

Chauffé dans l'air ou dans l'oxygène, le sesquioxyde de praséodyme donne un peroxyde de couleur noire ou brune, dont la composition, située entre Pr_2O_3 et PrO_2, est variable suivant la température et le mode de traitement. D'après l'analyse aux rayons X, la structure de ces produits s'apparente au type cubique examiné précédemment, quelle que soit la proportion des ions oxygène. Par réduction du peroxyde par l'hydrogène, entre 300° et 900°C., j'ai préparé un oxyde Pr_2O_3, d'un vert pâle très pur (couleur de l'ion Pr^{+++}), entièrement cristallisé dans le système cubique C. A plus haute température, il se forme la variété A jaune verdâtre. Une troisiéme forme (vraisemblablement B), également identifiée par son spectre X, est obtenue par calcination de l'hydrate vers 600°C.

La détermination des domaines d'existence des variétés allotropiques du sesquioxyde de proséodyme a été effectuée dilatométriquement à l'aide d'une méthode déjà décrite [6], permettant de placer l'échantillon mesuré dans une atmosphère définie. On utilise comme produit initial l'oxyde noir de praséodyme, préparé par calcination du nitrate, aggloméré sous forme d'éprouvettes par compression (3 000 kg/cm²) et cuisson à 1200°C. Le produit précédent est réduit, par l'hydrogène, en sesquioxyde dans le tube dilatométrique même.

On a représenté sur la figure, les valeurs $(l_t - l_0)/l_0$ des allongements des variétés A et C du sexquioxyde de praséodyme, l_0 et l_t étant les longueurs de

---

(1) Séance du 28 mai 1947.

(2) *Skrifter Norske Videnskaps Akad.*, Oslo, n° 5, 1925, p. 3.

(3) W. H. Zachariasen, *Z. Phys. Chem.*, 123, 1926, p. 134; *Skrifter Norske Videnskaps Akad.*, Oslo, n° 4, 1928, p. 1.

(4) *Zeits. Anorg. Chem.*, 241, 1939, p. 273.

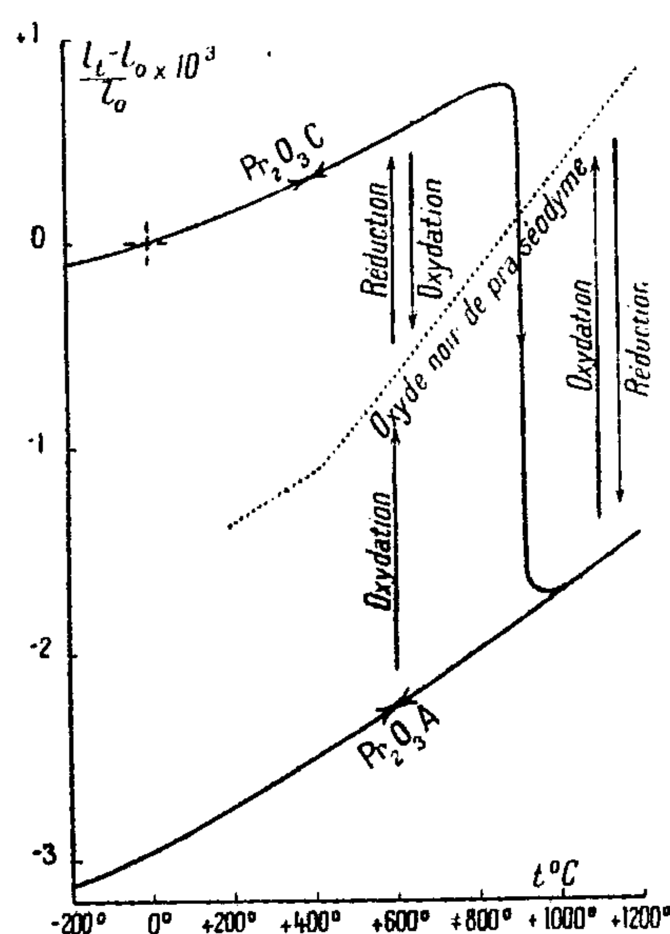
(5) L. Pauling et M. D. Shappel, *Z. Kristal.*, 69, 1929, p. 415 et 75, 1930, p. 128.

(6) F. Trombe et M. Foëx, *Annales de Chimie*, 11e série, 18, 1943, p. 97.

l'échantillon à 0° (variété C) et à t°C. La figure comporte en outre la courbe dilatométrique de l'oxyde noir de praséodyme placé en atmosphère d'oxygène. Les positions respectives de ces différentes courbes correspondent aux variations de longueur observées au cours des opérations de réduction ou d'oxydation.

La perte d'oxygène subie par l'oxyde noir de praséodyme, lors de sa réduction en sesquioxyde C, en dessous de 900°C., entraîne un allongement progressif de l'éprouvette (1,2 % environ à 600°C.), le produit gardant une structure cubique dérivée du type fluorine. Cet accroissement des dimensions du réseau doit vraisemblablement être attribué au fait que l'attraction électrostatique excercée sur les ions métalliques par l'ensemble des ions oxygène décroît au fur et à mesure que le nombre de ces derniers diminue.

La variété C présente, un peu au-dessus de 900°C., une forte contraction de l'ordre de 2,5 % et se transforme en A. Il est également possible d'obtenir la forme cristalline A par réduction de l'oxyde noir de praséodyme entre 950°



et 1 200°C. L'opération se traduit par une diminution de longueur de l'éprouvette de plus de 2 % ; cette contraction est précédée d'un allongement qui pourrait être dû à la formation intermédiaire de C.

La forme A présente une grande stabilité, en particulier la transformation C → A paraît pratiquement irréversible. Même plusieurs jours de traitement effectué dans les conditions de l'expérience, à des températures comprises entre 300° et 800° C., n'entraînent aucune modification du produit. Pour reproduire la variété C, il est nécessaire de passer par l'intermédiaire de l'oxyde noir de praséodyme. On constate ainsi successivement deux allongements importants de l'éprouvette, le premier lors de l'oxydation du sesquioxyde A en oxyde noir (1,6 % environ à 600°C.), le deuxième, ainsi que nous l'avons vu, pendant la réduction de ce peroxyde en sesquioxyde C.

Il est à noter que la forme C possède, à température égale, un coefficient de dilatation sensiblement plus faible que celui de A (30 % environ). Par ailleurs, la troisième variété observée B se transforme aussi en A, à haute température, d'une manière apparemment irréversible.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les formules des acides molybdique et métatungstique en solution aqueuse.* Note de MM. **Yves Doucet** et **Georges Carpéni**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les deux Notes récentes publiées par les auteurs, séparément ([1]), sur la grandeur moléculaire de l'acide molybdique en solution aqueuse, conduisaient, l'une, à la formule $[Mo_2O_7H]H$, l'autre à $Mo_4O_{13}H_2$. Un nouvel examen de la question était donc nécessaire afin de trouver, si possible, un terrain d'entente. La discussion a amené l'auteur de la première Note (G. C.) à se rallier à la conclusion formulée par le second (Y. D.). En voici les raisons :

Les données actuelles ([2]) — électrométriques, conductimétriques, cryoscopiques et spectrographiques en particulier — relatives aux solutions aqueuses d'acide molybdique, permettent d'affirmer que : 1° la molécule molybdique, contrairement à ce qui se passe pour les molécules habituelles normales, *évolue constamment avec la dilution* : l'acide molybdique $Mo_xO_zH_y$, très condensé (x grand) en milieu concentré, se dégrade progressivement pour aboutir finalement, en solution très étendue, à la forme monomère MoO_4H_2 ; 2° les acides présents étant moyennement forts, relèvent à la fois des théories de la dissociation d'Arrhénius et de celles de Lewis et de Debye-Hückel relatives aux électrolytes forts. On peut ainsi définir, pour ces solutions, des coefficients d'activité, de dissociation et de condensation (réunion de molécules électriquement *neutres*).

Compte tenu de ces considérations, interprétons maintenant les résultats cryoscopiques, particulièrement importants pour la détermination des grandeurs moléculaires. Des mesures faites par l'un de nous (Y. D.) ([3]), choisissons surtout celles relatives à un acide molybdique dit *soluble*, puisqu'elles s'étalent sur un domaine de concentrations plus large. La courbe expérimentale *complète* $\theta/m = f(\sqrt{m})$ ([4]) indique, par sa forme, qu'indubitablement il ne peut s'agir d'un corps à poids moléculaire constant. On peut séparer approximativement trois tronçons linéaires compris entre les concentrations $[MoO_3] \sim 0,2 \leftrightarrow 0,1$, $-0,1 \leftrightarrow 0,04$, $-0,04 \leftrightarrow 0,002\,M$, un quatrième tronçon étant même amorcé pour $[MoO_3] < 0,002$. L'extrapolation à

([1]) G. Carpéni, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1060; Y. Doucet, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1391.

([2]) Voir les Mémoires détaillés de l'un de nous (G. C.) (sous presse) au *Bulletin de la Société Chimique de France*.

([3]) *J. Phys. et Radium*, 4, 1943, p. 41.

([4]) *Loc. cit.*, p. 47, tableau III.

$\sqrt{m} = 0$ des trois droites précédentes fournit, respectivement, les valeurs $(\theta/m)_0 \neq 0,34 - 0,75$ et $1,37$. Comme les molécules molybdiques se dégradent, cette extrapolation aboutit naturellement à des molécules fictives, elle est cependant légitime pour chacun des domaines considérés de concentrations. Si l'on admet, pour des raisons électrométriques, une molécule $(Mo_xO_z)H_y$ diacide ($y = 2$), *à la limite* $\sqrt{m} = 0$, on aura 3 ions, bien qu'aux concentrations finies correspondantes on soit loin d'une *dissociation* complète (loin d'un électrolyte fort). Dans ces conditions, l'équation $(1+y)/x = (\theta/m)_0/1,86$ [5] fournit les valeurs de x suivantes :

1° $0,1 \leq [MoO_3] \leq 0,2$ M, $x \neq 16$ (pour $y = 2$),
2° $0,04 \leq [MoO_3] \leq 0,1$ M, $x \neq 8$ (pour $y = 2$),
3° $0,002 \leq [MoO_3] \leq 0,04$ M, $x \neq 4$ $\left(\text{condition électrométrique}, \frac{x}{y} = 2, \text{remplie}\right)$.

[Pour ces dernières concentrations, l'hypothèse $x = 2$ et $y = 1$ devrait conduire à une valeur $(\theta/m)_0 = 1,86$ différente de la valeur expérimentale $1,37$. De même, en admettant $y = 1$ et en prenant $(\theta/m)_0 = 1,37$, l'équation précédente fournit pour x la valeur peu acceptable 2,66.]

4° $[MoO_3] \leq 0,002$ M : comme la pente se relève encore, il faut conclure que x diminue. *Si les mesures cryoscopiques pouvaient s'effectuer pour des concentrations encore plus faibles que* 0,002 M, *il est donc hautement probable qu'on trouvera finalement un abaissement limite* $(\theta/m)_0 = 3 \times 1,86$ *correspondant à la molécule monomère* MoO_4H_2 $(x = 1)$, *en passant même, peut-être, par la valeur intermédiaire* $x = 2$.

Poids moléculaire de l'acide métatungstique. — Des considérations tout à fait analogues peuvent être faites sur l'acide métatungstique, également objet de mesures cryoscopiques précises [(3), p. 48, tab. V]. Les valeurs indiquées permettent de construire la courbe $\theta/m = f(\sqrt{m})$ suivante :

$\sqrt{m}$ (en W)...	0,053	0,092	0,122	0,151	0,229	0,274	0,317	0,326	0,375	0,439	0,523
$\frac{\theta}{m}$..........	1,36	1,28	1,18	1,12	0,97	0,95	0,89	0,90	0,88	0,86	0,82

Cette courbe indique encore des poids moléculaires variables avec la dilution et se découpe approximativement en trois tronçons :

1° $0,1 \leq [WO_3] \leq 0,25$ M,

d'où

$$\left(\frac{\theta}{m}\right)_0 \sim 0,98 \quad \text{et} \quad x \neq 6 \ (\text{pour } y = 2) \quad \text{ou} \quad x \neq 12 \ (\text{pour } y = 6),$$

2° $0,015 \leq [WO_3] \leq 0,05$ M d'où $\left(\frac{\theta}{m}\right)_0 \sim 1,41$ et $x \neq 4$ (pour $y = 2$),

3° $[WO_3] < 0,01$ M,

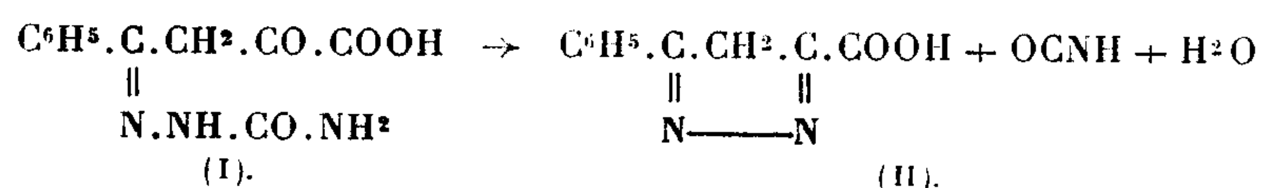
pente encore plus forte : indice de dégradation suivie. Mêmes remarques que pour l'acide molybdique.

(5) Mêmes notations que dans les Notes précédentes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une transformation inattendue de la monosemicarbazone de l'acide benzoylpyruvique*. Note de MM. **Eugène Cattelain** et **Pierre Chabrier**, présentée par M. Marcel Delépine.

I. Dans une Note récente ([1]) nous avons montré que l'acide benzoylpyruvique $C^6H^5.CO.CH^2.CO.COOH$ ne donne qu'une monosemicarbazone, alors que l'on obtient avec facilité la dithiosemicarbazone. Cette singularité est due vraisemblablement à l'énolisation de la fonction cétone restée libre dans la monosemicarbazone.

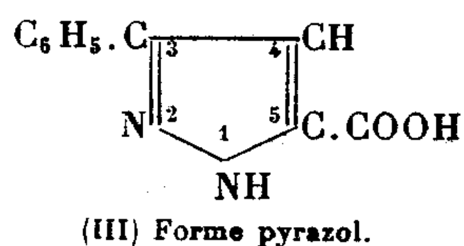
L'étude de cette dernière (I) nous a permis d'observer sa transformation inattendue en acide phénylpyrazolcarboxylique (F 232°) (II) avec départ d'eau et d'acide cyanique



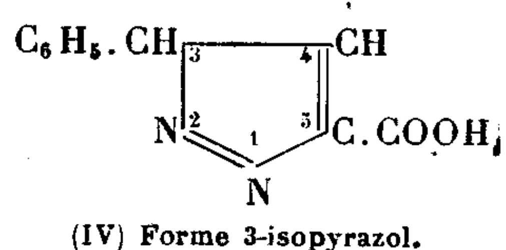
Cette transformation est réalisée par plusieurs voies : 1° en chauffant la monosemicarbazone un temps suffisant vers 100°; 2° la transformation est instantanée au voisinage du point de fusion; 3° en traitant à l'ébullition le sel de sodium pendant un temps suffisamment long; 4° on l'observe encore au cours des essais d'hydrogénation de cette monosemicarbazone par l'amalgame de sodium à 3 %, la solution étant maintenue acide par addition d'acide acétique.

Le dégagement d'acide cyanique, déjà perceptible à l'odeur, a été confirmé par barbotage du gaz dans une solution aqueuse diluée d'hydrazine ce qui a déterminé la formation d'hydrazodicarbonamide $NH_2.CO.NH.NH.CO.NH_2$ (F 244°); en faisant barboter le gaz dans une solution aqueuse d'aniline on a constaté la formation de monophénylurée $NH_2.CO.NH.C_6H_5$ (F 147°).

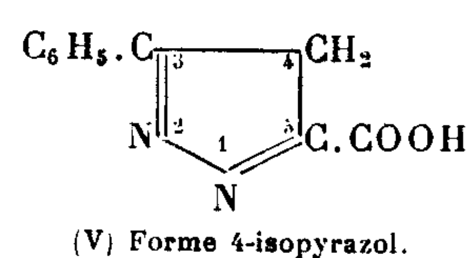
II. L'identification a été réalisée par comparaison avec un acide phénylpyrazolcarboxylique préparé synthétiquement par action de l'hydrazine sur l'acide benzoylpyruvique suivant la méthode de Wenglein ([2]) (épreuve du point de fusion du mélange). Cet auteur n'a pas assigné à ce composé de constitution précise. Les trois schémas suivants peuvent être envisagés (III), (IV) et (V) :



(III) Forme pyrazol.



(IV) Forme 3-isopyrazol.



(V) Forme 4-isopyrazol.

([1]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1571.
([2]) *Dissertation*, 1895, p. 15.

L'observation suivante permet d'éliminer le schéma (III) : il a été démontré par J. Bougault et P. Chabrier [3] que le N-dichlorocarbamate de méthyle $CH_3O.CO.NCl_2$ est susceptible de substituer le chlore à l'hydrogène dans les groupements azotés >NH et $-NH_2$ en donnant des composés chlorés à l'azote, c'est-à-dire à chlore actif déplaçant l'iode des iodures. Or, l'action du N-dichlorocarbamate de méthyle sur l'acide phénylpyrazolcarboxylique conduit bien à un composé monochloré (F 262°), mais dont le chlore est inactif. Nous en déduisons l'absence du groupe >NH.

La formation de l'acide phénylpyrazolcarboxylique à partir de l'hydrazine et de l'acide benzoylpyruvique permet de trancher entre les deux schémas restants (IV) et (V) et de se prononcer pour le schéma (V). Le composé obtenu serait donc l'acide phényl-3 isopyrazol-4 carboxylique-5.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude comparée de quelques propriétés des deux dihydropyranes isomères.* Note de MM. **Raymond Paul** et **Serge Tchelitcheff**, présentée par M. Marcel Delépine.

Aux deux pyranes, encore inconnus aujourd'hui, correspondent seulement *deux* dérivés dihydrogénés : l'époxy-1.5 pentène-1 (ou *dihydro γ-pyrane*) [formule (I)] et l'époxy-1.5 pentène-2 (ou *dihydro*-2.3 *α-pyrane*) [formule (II)],

Le premier de ces composés a été préparé par l'un de nous en 1933 [1]; quant au second, qui, à notre connaissance, n'avait pas encore été décrit jusqu'ici, nous l'avons obtenu avec un rendement de 75 % par distillation lente de l'époxy-1.5 bromo-3 pentane (1 mol.) avec une solution d'hydroxyde de potassium (3 mol.) dans le glycol (500^{cm^3}).

Les constantes physiques de ces deux isomères sont assez différentes :

	É (°C.).	D.	N_D^{19}.
Dihydro γ-pyrane............	86-87	0,922 (19/15)	1,4402
» -2.3 α-pyrane........	93-94	0,940 (19/4)	1,4477

et du point de vue chimique, le dihydro γ-pyrane se comporte comme un éther *vinylique*, tandis que le dihydro-2.3 α-pyrane réagit à la façon d'un éther *allylique*.

Action de l'hydrogène. — Tous deux conduisent au tétrahydropyrane (É 88°) et dans les conditions où nous avons opéré (nickel Raney, P 20^{atm},

(3) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 310.

(1) R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 53, 1933, p. 1489.

T 30°) l'hydrogénation de 1/10 de molécule ne demande guère plus d'une minute.

Action des halogènes. — Le dihydro γ-pyrane fixe aisément une molécule de chlore [2] ou de brome [3] en donnant des dihalogéno-2.3 tétrahydropyranes, instables, qui par simple distillation se scindent en hydracide et halogéno-2 époxy-1.5 pentène-1.

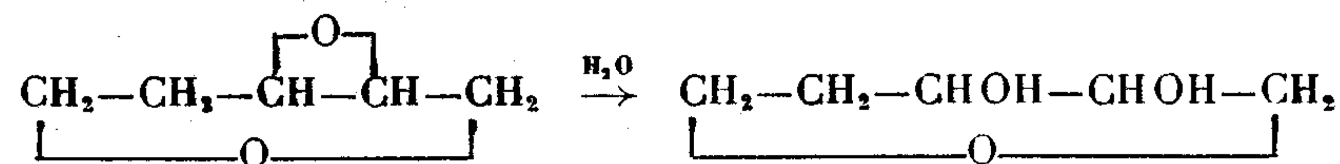
Avec le brome, le dihydro-2.3 α-pyrane conduit, avec un rendement de 80 % à un dibromure très stable, le *dibromo-3.4 tétrahydropyrane*, $CH_2.CH_2.CHBr.CHBr.CH_2$ (É$_9$ 102-103°, $D_4^{19,5}$ 1,932, $N_D^{19,5}$ 1,5513).

Action de l'eau. — On sait que l'hydratation du dihydro γ-pyrane se fait par simple agitation à la température ordinaire avec une solution N/10 d'acide sulfurique : on obtient l'hydroxy-2 tétrahydropyrane, forme cyclique de l'ω-hydroxypentanal [4], [5].

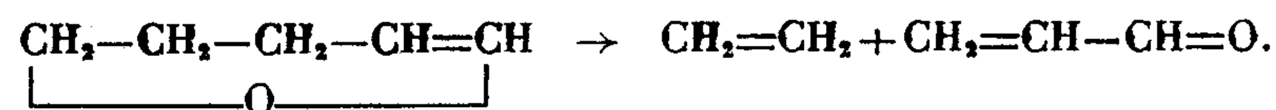
Pour hydrolyser le dihydro-2.3 α-pyrane, il faut le chauffer jusqu'à 150° avec une solution N/2 d'acide sulfurique; la liaison éthylénique n'est d'ailleurs pas touchée; c'est la liaison oxydique qui est ouverte avec formation de *pentène-2 diol-1.5* $HO.(CH_2)_2.CH{:}CH.CH_2OH$ (É$_5$ 85°).

Action de l'acide perbenzoïque. — Le dihydro-γ-pyrane réagit très rapidement sur l'acide perbenzoïque en solution chloroformique, mais il ne nous a pas été possible d'isoler l'époxyde attendu.

Dans les mêmes conditions, le dihydro-2.3 α-pyrane réagit beaucoup moins vite et conduit avec un rendement de 58 % à l'*époxy-3.4 tétrahydropyrane* (É 149-151°; D_4^{20} 1,121; N_D^{20} 1,4554) s'hydratant facilement en *dihydroxy-2.3 tétrahydropyrane* (É$_9$ 158-159°; D_4^{18} 1,225; N_D^{18} 1,4873), dont la diphényluréthane fond à 212°.



Action de la chaleur. — Vers 600°, le dihydro γ-pyrane se scinde avec un rendement de 63 % en acroléine et éthylène [6][7]

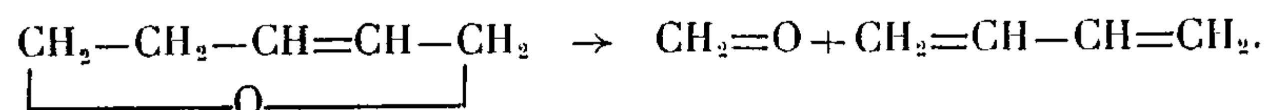


Nous avons constaté qu'à la même température, le dihydro-2.3 α-pyrane

---

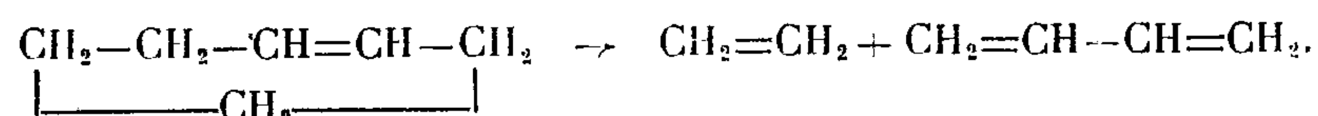
[2] R. PAUL, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 122.
[3] R. PAUL, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **1**, 1934, p. 1397.
[4] R. PAUL, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **1**, 1934, p. 971.
[5] SCHNIEPP et GELLER, *Am. Ch. Soc.*, **68**, 1946, p. 1646.
[6] C. L. WILSON, Brit. Pat., **569.625**, 20 juillet 1943.
[7] I. C. I., Brit. Pat., **573.507**, 10 août 1943.

se décomposait en méthanal et butadiène



Le butadiène a été isolé à l'état de tétrabromure avec un rendement de 38 % et le méthanal, à l'état d'hexaméthylènetétramine, avec un rendement de 66 %.

On ne peut s'empêcher de rapprocher ces deux réactions de la pyrogénation du cyclohexène en éthylène et butadiène



Cette pyrogénation peut être considérée comme l'inverse d'une réaction de Diels et Alder, puisqu'on obtient le cyclohexène avec un très bon rendement, en condensant, sous forte pression, le butadiène avec l'éthylène.

Il est donc à présumer qu'on pourra obtenir les deux dihydropyranes, en condensant les deux systèmes diéniques que constituent le butadiène et l'acroléine, respectivement avec le méthanal et l'éthylène, qui joueraient alors le rôle de philodiènes.

GÉOLOGIE. — *Sur le Trias d'Anatolie.* Note de Mme **Ernest Chaput**, présentée par M. Charles Jacob.

Le Trias d'Anatolie, toujours représenté par des affleurements sporadiques et restreints, dus sans doute à des variations locales des fonds sous-marins, m'a permis quelques observations nouvelles :

I. Les calcaires massifs, bréchiques, noirs, grisâtres ou bleutés, très recristallisés, à faciès de *calcaires-marbres*, exploités à 2km,5 au Nord-Est d'Ankara pour la fabrication de la chaux, sont d'âge triasique par la faune de Gastropodes déjà signalée (1).

L'étude de matériaux nouveaux permet d'ajouter, à la liste déjà parue, les espèces suivantes : *Cœlostylina conica* Münst., *Cœlostylina* (*Fradiella*) *semigradata* Münst., *Trachynerita depressa* Hoërnes, *Neritaria papilio* Stopp., *Hologyra fastigata* Stopp.

Enfin, du même gisement, des nodules de roches encroûtantes se rapportent parfaitement à *Evinospongia cerea* Stoppani, espèce caractéristique signalée par son auteur dans le Ladinien lombard d'Esino et de la Marmolata.

II. Le puissant complexe de la série de Kayas, à 10km à l'Est d'Ankara sur le versant nord de l'Elma Dagi, montre, vers 1000m d'altitude dans une vallée dont le fond est à 930m, au confluent de la vallée de Bayndyr, des *calcaires-marbres*

(1) E. Chaput, *Voyage, etc.*, 1936, p. 241.

interstratifiés avec d'autres terrains, en partie éruptifs, et des Radiolarites associées. Dans ces *calcaires-marbres*, où M[lle] Pfender a reconnu *Sphærocodium Bornemanni* Rothpletz et des nodules semblables aux *Evinospongia* du Ladinien de Lombardie (*loc. cit.*, p. 242), on peut signaler maintenant la présence de *Ceratites compressus* (Sandb.) E. Phil., fossile signalé par E. Philippi dans la zone à *Ceratite nodosus* du Muschelkalk allemand, que je viens de trouver dans des échantillons non encore examinés.

L'âge triasique de la formation de Kayas est donc définitivement démontré par la présence de Ceratitidés. Il est alors extrêmement intéressant de pouvoir maintenant relier cette série avec le Trias à Radiolarites d'Albanie et le Trias à tufs basaltiques de Lombardie. On peut également en signaler l'analogie avec les *jaspes rouges* de Sandykly, interstratifiés dans les calcaires à Diplopores signalés par M. Penck.

MÉTÉOROLOGIE. — *Variation de l'intensité maxima des pluies orageuses observées à Paris en fonction de la fréquence et de la durée.* Note de M. **Henri Grisollet**, présentée par M. Charles Maurain.

Le calcul des ouvrages d'art destinés à l'évacuation des eaux pluviales fait intervenir, entre autres facteurs, la répartition des précipitations sur la surface drainée et les valeurs de leurs débits maxima; il tient compte, en outre, des fréquences respectives de ces divers débits, dans la mesure où le permettent les données expérimentales connues, généralement peu nombreuses et peu homogènes.

Sur le premier point, nous avons exposé dans une Note précédente ([1]) les réserves qu'il convenait de faire sur l'application de la formule de Frühling aux orages qui se produisent dans la région parisienne. En ce qui concerne les questions d'intensité, il nous a paru intéressant d'étudier systématiquement les diagrammes quotidiens d'enregistrement de la pluie à l'Observatoire de Montsouris pendant la période des 50 années 1897-1946. Cette étude est résumée dans la présente Note et sera exposée plus longuement dans un mémoire.

Sur chaque pluie continue distincte, ont été déterminées les quantités maxima h d'eau tombée pendant des intervalles de temps t échelonnés de la minute à la durée totale de l'averse; pour chacun de ces intervalles t, nous avons classé les rapports h/t obtenus, que nous appellerons intensités moyennes maxima i, par ordre de valeurs décroissantes; enfin les valeurs i, atteintes ou dépassées un même nombre de fois ont été associées, bien qu'originaires le plus souvent de pluies différentes, pour représenter les fonctions $i=f(t)$ correspondant aux averses-types de diverses fréquences.

([1]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 97.

Nous avons traduit les résultats bruts par les formes analytiques courantes : $i = a/b+t$ et $i = At^{-\alpha}$ et calculé les valeurs les plus probables des paramètres au moyen de la méthode de Legendre.

Pour l'intervalle de temps étendu que nous avons voulu représenter, soit 1 minute 6 heures, l'arc d'hyperbole équilatère convient mieux que l'autre forme; voici quelles sont les valeurs des paramètres :

	Averse-type atteinte ou dépassée une fois en						
	50 ans.	20 ans.	10 ans.	5 ans.	2 ans.	1 an.	6 mois.
$i = \frac{a}{b+t}$ { a.........	3220	2850	2590	2100	1400	830	500
b.........	11	10	10	9	7	5	4

La fonction relative à la fréquence cinquantenaire a seulement une valeur indicative; en outre, elle ne s'applique qu'à des durées au moins égales à 30 minutes; l'enregistreur à marche rapide qui a permis de mesurer l'intensité sur des durées plus réduites n'a fonctionné, en effet, qu'à partir de l'année 1927.

La courbe relative à la pluie décennale, qui est plus significative, est importante par le fait que les techniciens, acceptant délibérément un certain risque, tendent à adopter cette pluie comme base de calcul des ouvrages, puisque ceux-ci ne peuvent, pour des raisons d'ordre financier, être construits en fonction des plus forts débits observés.

La pluie décennale habituellement admise pour la région parisiene est donnée par la relation $i = 3420/t+15$; si on la compare aux résultats précédents, on constate qu'elle dépasse en intensité la pluie de 20 ans.

i maxima en........................	10m.	20m.	30m.	60m.	90m.	120m.	180m.	240m.
Formule parisienne....................	137	98	76	46	33	25	17,5	13,5
Montsouris { pluie de 10 ans...........	129	92	65	37	26	20	13,6	10,3
Montsouris { » de 20 »	142	95	71	41	28	22	15,0	11,4

D'une manière générale, les observations de Montsouris montrent que, par rapport à l'intensité ramenée à 100 de la pluie décennale, la pluie de 20 ans est représentée par 110, la pluie quinquennale par 83, la pluie biennale par 60 et la pluie annuelle par 37. En réalité, ces coefficients varient quelque peu avec la durée.

Précisons, par ailleurs, que les fonctions $i = f(t)$ données plus haut ne s'accordent pas avec les relations standard préconisées par le génie américain pour le calcul des réseaux de drainage des terrains d'aviation, quel que soit le point géographique considéré (2).

Ces relations sont du type : $i_n = A i_{60}^{-\alpha}$; i_n et i_{60} désignant les intensités maxima en n et en 60 minutes et A et α des paramètres qui dépendent de la durée; elles fournissent, pour les courtes durées, des intensités trop faibles par rapport à l'intensité horaire maxima.

(2) *Bulletin du Génie de l'Air*, n° 6, novembre 1945.

Ajoutons enfin que la partie la plus intense des pluies importantes, observées par exemple au plus une fois en cinq ans, a commencé, en général, quelques minutes seulement après le début de l'averse; dans le cas où le décalage était plus important, le débit moyen de la partie initiale de la pluie n'avait pas dépassé 8 mm/heure.

Cette observation montre que l'effet de capacité des ouvrages d'écoulement est susceptible de jouer fréquemment lors des chutes intenses; ce n'est donc pas faire preuve d'un optimisme gratuit que d'en tenir compte dans les calculs.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Prévision de la variation diurne de la déclinaison magnétique*. Note de M. **Jean Coulomb**, présentée par M. Charles Maurain.

L'*Annuaire du Bureau des Longitudes* publie depuis 1914 un tableau donnant pour chaque mois une correction de variation diurne à faire, les jours magnétiquement calmes, aux mesures de déclinaison.

A l'approximation de la minute, les changements dans la variation diurne au cours du cycle solaire ne sont pas négligeables. (Ainsi, l'amplitude moyenne pour un mois déterminé varie d'environ 7′ entre les périodes de minima et de maxima d'activité.) Il en sera tenu compte dans les futurs Annuaires. Pour y parvenir, on doit d'abord faire la prévision des nombres de Wolf et Wolfer mensuels comme l'indique M. Mayot dans la Note ci-dessus [1]; on déduit ensuite de ces nombres les variations magnétiques correspondantes en suivant le procédé que nous allons décrire.

On est parti des variations diurnes mensuelles magnétiques dans la région parisienne pour chaque mois de 1883 à 1942, qui ont été recalculées à l'Institut de Physique du Globe de Paris sur les documents originaux, mais qui n'ont pas été publiées. A vrai dire ces variations moyennes portent aussi sur les journées perturbées. Mais le rôle de ces journées est peu important.

Après quelques tâtonnements il a paru possible de représenter l'ensemble des variations diurnes mensuelles correspondant à tous les mois de janvier par exemple au moyen d'une expression de la forme

$$\Delta_r(t) = (r + r_0)\,\mathrm{D}(t), \tag{1}$$

où $\Delta_r(t)$ est l'écart moyen en fonction de l'heure t lorsque le nombre de Wolf a la valeur r. Bien entendu r_0 et $\mathrm{D}(t)$ dépendent du mois considéré.

Pour obtenir les 12 nombres r_0 et les 12×24 valeurs de $\mathrm{D}(t)$, il suffit théoriquement de résoudre par les moindres carrés les équations linéaires en D et $r_0\mathrm{D}$ fournies par les données. Le calcul étant impraticable, on le simplifie de deux façons. D'une part on commence par déterminer r_0 en utilisant un écart

(1) Voir p. 1699.

calculé sur l'ensemble des 24 valeurs horaires et l'on en déduit ensuite les valeurs individuelles de D(t). D'autre part on groupe les nombres de Wolf en cinq catégories séparées par les valeurs habituelles 11, 30, 55, 70 et l'on forme les variations moyennes pour chaque groupe, auxquelles on attribue le nombre de Wolf moyen du groupe.

Voici quelques détails. Comme écart utilisé pour déterminer r_0, nous nous étions d'abord contenté de l'écart maximum [différence entre la plus grande et la plus petite des 24 valeurs de $\Delta_r(t)$]. A condition de ne pas prendre la moyenne des écarts correspondant aux diverses variations d'un groupe, dont certaines présentent des minima aberrants, mais de déterminer l'écart maximum sur la variation moyenne du groupe, cette méthode simple donne déjà de bons résultats. Cependant, par scrupule, nous avons refait les calculs en utilisant l'écart type (écart quadratique moyen).

Pour les nombres de Wolf nous avons essayé d'utiliser soit le nombre moyen de chaque année pour ses douze mois, soit les nombres mensuels bruts, soit les nombres mensuels adoucis. Les nombres mensuels bruts et adoucis donnent des résultats comparables, nettement meilleurs que les nombres annuels; nous avons adopté les nombres bruts qui sont moins arbitraires.

Pour estimer l'erreur commise nous avons choisi le mois de février, pour lequel la détermination de r_0 était moins bonne, et recalculé les valeurs de départ pour les années extrêmes de chacun des 5 groupes (années correspondant au plus petit et au plus grand nombre de Wolf). Voici la répartition des 240 écarts entre l'observation et le calcul, exprimés en minutes sexagésimales :

Écarts.........		−1,5		−1,25		−1,00		−0,75		−0,50		−0,25		0,00
Nombre.........	2		8		4		10,5		17,5		28		43,5	

Écarts..........	0,00		0,25		0,50		0,75		1,00		1,25		1,50	
Nombre.........		39,5		36		23,5		14,5		6		5		2

Même pour ce mois la précision paraît suffisante pour notre usage. Peut-être pourrait-on l'améliorer en adoucissant les variations annuelles, notamment celles de r_0; nous avons préféré conserver nos résultats bruts. Les valeurs numériques seront publiées dans l'Annuaire de 1948.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de l'acide indole-acétique sur le développement des tissus normaux et des tissus de Crown-Gall de Topinambour cultivés* in vitro. Note [1] de M. **Roger Gautheret**, présentée par M. Joseph Magrou.

Au cours de recherches antérieures, nous avons constaté que les tissus de certaines espèces appartenant à la famille des Composées (Topinambour et Scorsonère) ne peuvent être cultivés qu'en présence d'hétéro-auxine. Or, White

---

(1) Séance du 9 juin 1947.

et Braun (²) sont parvenus à cultiver des tissus prélevés sur des Crown-Galls d'une plante appartenant à la même famille (Soleil) dans des milieux dépourvus de substance de ce genre. Ce résultat semblait indiquer que les exigences nutritives des tissus de Crown-Gall sont inférieures à celles des tissus normaux. Pour éclaircir cette question, il fallait comparer les besoins nutritifs de tissus normaux et de tissus de Crown-Gall provenant d'une seule espèce. Nous avons entrepris d'établir cette comparaison en nous adressant au Topinambour.

Les cultures de tissus de Crown-Gall de cette plante ont été obtenues de la manière suivante : de jeunes tiges de Topinambour furent inoculées au moyen de cellules de *Phytomonas tumefaciens* (³). Au bout de deux mois, elles avaient produit des tumeurs, mais nous n'avons pas observé de néoplasmes secondaires que l'on sait être dépourvus de Bactéries et grâce auxquels White et Braun ont réalisé directement les cultures aseptiques de tissus tumoraux. Cette absence de métastases nous a forcé à utiliser les tumeurs primaires.

Pour réaliser les cultures de tissus tumoraux, nous avons stérilisé extérieurement les néoplasmes au moyen d'une solution d'hypochlorite de calcium; puis nous avons ensemencé des fragments de ces tumeurs dans le milieu employé habituellement pour la culture des tissus de Tobinambour, en supprimant l'hétéro-auxine (⁴) qu'il contient. Les fragments ont proliféré activement mais, dans près de 90 % des cultures, nous avons observé la présence de cellules de *Phytomonas* qui envahirent le milieu nutritif. Les cultures demeurées stériles furent repiquées au bout de deux mois; plus de la moitié d'entre elles montrèrent à leur tour des signes de contamination par le *Phytomonas* tandis que les autres demeurèrent stériles. Repiquées régulièrement, ces dernières cultures nous permirent enfin d'obtenir une souche aseptique qui a subi jusqu'à présent 6 repiquages et se développe depuis 12 mois en l'absence d'acide indole-acétique, alors que des colonies provenant de notre souche de tissus normaux (⁵) meurent en moins de 4 mois si on les repique sur un milieu dépourvu d'hétéro-auxine.

Nous avons complété ces expériences en étudiant l'action qu'exerce une hétéro-auxine sur la croissance de cultures de tissus normaux et de cultures de tissus tumoraux. Pour cela, nous avons ensemencé des fragments de nos deux souches dans des milieux renfermant diverses doses d'acide indole-acétique. Ces fragments furent pesés au moment de leur ensemencement, puis au bout de deux mois de culture. Le graphique ci-après, qui résume les résultats de ces mesures, montre que le comportement des tissus de Crown-Gall vis-à-vis de l'acide indole-acétique est différent de celui des tissus normaux.

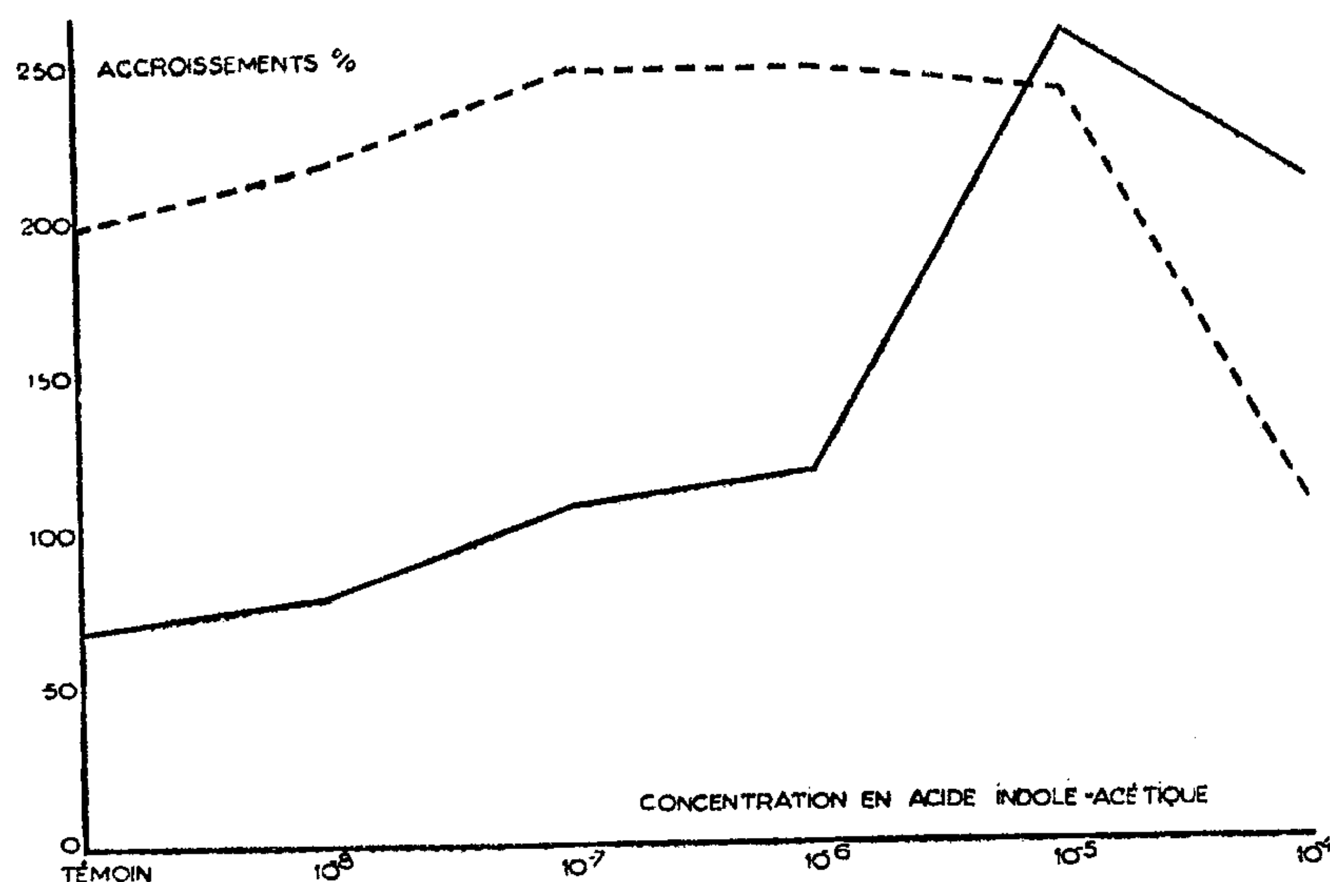
(²) *Cancer Res.*, 2, 1942, pp. 597-617.

(³) La souche de *Phytomonas* nous fut adressée par M. Riker.

(⁴) La constitution exacte de ce milieu est indiquée dans notre *Manuel technique* (milieu IV, p. 53).

(⁵) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 317.

En effet, cette substance exalte puissamment la prolifération des tissus normaux (courbe en trait plein), tandis qu'elle exerce une action excito-formatrice insignifiante sur les tissus tumoraux (courbe en tirets).



Action comparée de l'acide indole-acétique sur des tissus normaux et des tissus de Crown-Gall de Topinambour.
La courbe continue est relative aux tissus normaux; la courbe en tirets concerne les tissus tumoraux.

Cette insensibilité des tissus tumoraux vis-à-vis des hétéro-auxines a déjà été constatée par Hildebrandt et Riker (6).

Nos expériences montrent en résumé que les tissus de Crown-Gall de Topinambour peuvent être cultivés en l'absence d'acide indole-acétique, tandis que les tissus normaux ne prolifèrent pas sans cette substance. Elles établissent, en outre, que les tissus de Crown-Gall sont insensibles à l'action excitoformatrice de l'hétéro-auxine, tandis que la prolifération des tissus normaux est exaltée par une substance de ce type. Cette particularité permet de rapprocher le processus tumoral du phénomène d'accoutumance à l'hétéro-auxine dont nous avons parlé à plusieurs reprises (7), car les tissus accoutumés sont eux aussi insensibles à l'hétéro-auxine.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la solubilité de* As_2O_3.

Note (1) de M. **Henri Margulis**, présentée par M. Albert Demolon.

A la température sensiblement constante de 20°, 0g,5 de As_2O_3 pur sont traités par 100cm³ d'eau distillée. On agite pendant 3 heures, on centrifuge et, dans la solution limpide décantée, on titre par une solution d'iode As_2O_3

(6) *Amer. Jour. Bot.*, 33, 1946, p. 836 (Abstract).

(7) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 24, 1942, pp. 13-47.

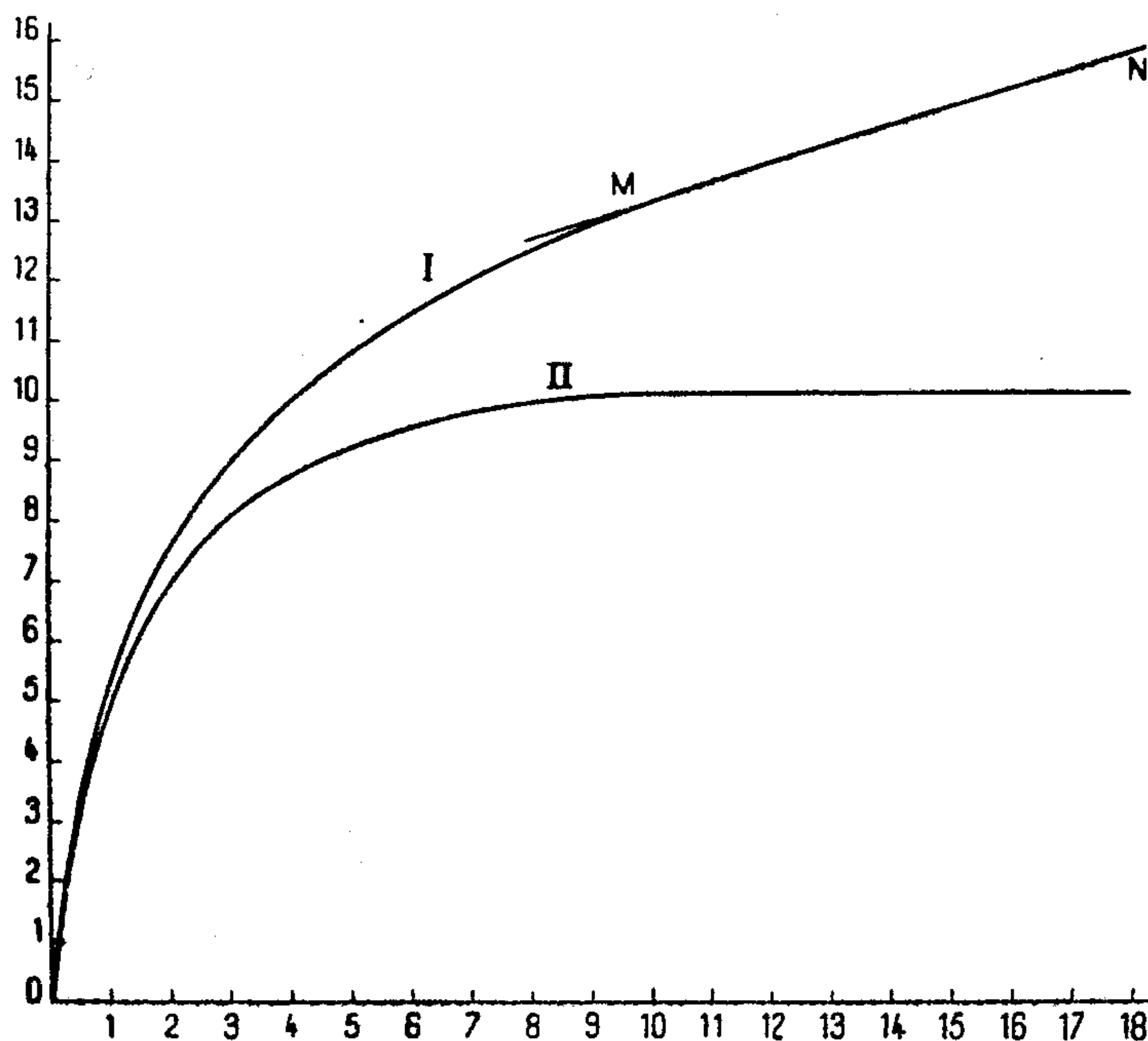
(1) Séance du 28 mai 1947.

dissous. Sur le résidu solide on remet 100^{cm^3} d'eau, on agite pendant 3 heures, etc. un certain nombre de fois.

Les résultats des dosages de As_2O_3 dissous sont exprimés en centimètres cubes d'une solution contenant par litre $As_2O_3/60$, donc décinormale au sens habituel donné à ce terme en alcalimétrie. Dans le tableau ci-dessous ces résultats sont précédés du numéro d'ordre de l'épuisement :

I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.
1.....	5,25	4,93	7.....	0,52	0,20	13.....	0,30	–
2.....	2,62	2,30	8.....	0,51	0,19	14.....	0,37	–
3.....	1,12	0,80	9.....	0,45	0,13	15.....	0,28	–
4.....	1,12	0,80	10.....	0,75	0,43	16.....	0,22	–
5.....	0,75	0,43	11.....	0,30	–	17.....	0,30	–
6.....	0,60	0,28	12.....	0,37	–	18.....	0,28	–

On construit un graphique en prenant comme abscisses les numéros d'ordre des extractions (ce qui revient à considérer 100^{cm^3} comme unité de volume du



liquide d'épuisement) et comme ordonnées la somme des quantités de As_2O_3 déjà retirées de l'échantillon et exprimées en centimètres cubes de solution N/10. Un premier point correspondant à un seul épuisement par 100^{cm^3} d'eau a comme abscisse 1 et comme ordonnée 5,25; un deuxième point correspondant à deux épuisements a comme coordonnés 2 et $5,25 + 2,62 = 7,87$ ....

Le graphique I obtenu présente deux parties distinctes : une première partie régulièrement courbe OM, suivie d'un segment rectiligne MN, de coefficient

angulaire 0,32 environ, ce qui révèle évidemment l'existence, dans l'échantillon, de deux composés que nous désignerons par A et B. Le premier, A, ne passe en solution qu'à la suite d'une réaction chimique, hydratation vraisemblablement, aboutissant chaque fois à un équilibre. Pour le second composé, B, il s'agit, au contraire, d'une véritable solubilité au sens physique du mot dont le coefficient est 0,32, mesuré avec l'unité définie plus haut.

Pour préciser ce qui revient en propre au composé A, il suffit de diminuer de 0,32 les premiers résultats figurant dans la deuxième colonne. On obtient ainsi les nombres de la troisième colonne du tableau ci-dessus.

Le graphique II, construit avec ces nouveaux résultats, en conservant les mêmes conventions, se présente sous forme d'une courbe admettant une asymptote horizontale d'ordonnée 10,1. Pour chaque épuisement (abscisse) on peut ainsi obtenir la part de A et, par différence entre les 2 ordonnées, la part de B, exprimées l'une et l'autre en centimètres cubes de solution N/10.

En chaque point de la 2[e] courbe on peut évaluer approximativement le coefficient angulaire de la tangente. On peut vérifier que ce coefficient angulaire est proportionnel à la différence $a - y$ entre l'ordonnée de l'asymptote de cette courbe et l'ordonnée du point considéré, c'est-à-dire, qu'à chaque moment la quantité dissoute est proportionnelle à la quantité non encore dissoute, ce qui revient à écrire

$$\frac{dy}{dx} = k(a - y), \tag{1}$$

équation qui, par intégration, donne

$$\mathrm{L}\frac{a}{a - y} = kx, \tag{2}$$

la courbe partant évidemment de O.

A l'aide des coordonnées de deux points de la courbe on pourra calculer k, et aussi a, si l'on ne se contente pas de la valeur obtenue graphiquement. On obtient d'ailleurs des résultats sensiblement identiques dans les deux cas.

Des expériences faites avec des poids différents du même As_2O_3 donnent des graphiques ayant la même allure. Le coefficient de solubilité de B (coefficient angulaire du segment MN) est constant (0,32 environ).

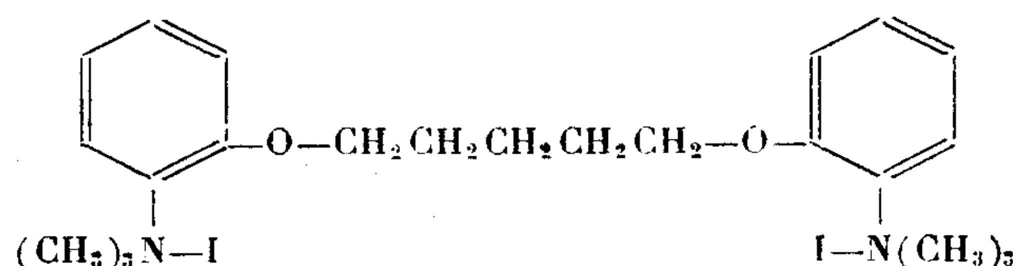
On comprend ainsi les valeurs discordantes données par divers auteurs pour ce qu'on appelle sans préciser la solubilité de l'anhydride arsénieux. Ces observations nous paraissent présenter en outre un intérêt pratique en raison de l'extension en agriculture des traitements arsenicaux.

PHARMACODYNAMIE. — *Propriétés curarisantes du* di-*iodométhylate de* bis-(*diméthylamino-2'-phénoxy*)-1.5-*pentane*. Note de M. **Daniel Bovet**, M^me **Simone Courvoisier**, MM. **René Ducrot** et **Raymond Horclois**, présentée par M. Marcel Delépine.

La dénomination de poisons curarisants a été attribuée à un grand nombre de substances qui, à l'instar du curare lui-même, abolissent l'action des nerfs moteurs sur les muscles volontaires. Ayant le plus souvent usé comme animal d'expérience de la Grenouille, qui offre une susceptibilité particulière vis-à-vis des poisons de ce type et de la préparation neuro-musculaire comme d'investigation, les physiologistes en sont venus à classer dans le groupe des agents curarisants un nombre considérable de poisons.

Chez les Mammifères, il n'est cependant que très peu de substances dont l'injection reproduise le tableau de l'intoxication curarique. Le *di*-iodoéthylate de *bis*-(quinoléyloxy-8')-1.5 pentane (3.381 R.P.), auquel nous étions parvenus (¹), en prenant pour point de départ la structure de la *d*-tubocurarine naturelle, représentait le premier dérivé de synthèse dont l'activité curarisante se manifeste avec une électivité comparable à celle des alcaloïdes naturels.

De nouvelles études nous ont permis de constater l'activité curarisante des produits obtenus par condensation des aminophénols avec les dibromo alkanes; nous envisagerons ici les résultats concernant le *di*-iodométhylate de *bis*-(diméthylamino-2' phénoxy)-1.5 pentane (3.565 R. P.).



Les premiers essais ont porté sur la Grenouille, sur laquelle le *di*-iodométhylate de *bis*-(diméthylaminophénoxy) pentane provoque une paralysie neuro-musculaire à la dose de 0,0025 g/kg; la curarisation s'établit après 20 à 40 minutes, et l'animal est entièrement rétabli au bout de 24 heures. A la suite de l'injection dans le sac lymphatique de doses plus élevées, l'animal reste paralysé pendant plusieurs jours, alors que le cœur continue de battre normalement.

Chez le Lapin, la dose qui provoque un relâchement de la musculature de la nuque (head-drop dose) est du même ordre pour le 3565 R. P. et la tubocurarine, mais l'écart entre cette dose et la dose toxique est plus marqué pour le premier produit.

(¹) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 597.

	Doses en g/kg	3565 R. P.	3381 R. P.	Tubocurarine.
Grenouille.	Dose curarisante (sac lymphatique)	0,0025	0,0075	0,010
Souris.	Dose 50 % toxique :			
	Voie intraveineuse	0,00075	0,0025	0,0002
	» sous-cutanée	0,0015	0,030	0,00125
Lapin.	Dose 50 % toxique :			
	Voie intraveineuse	0,0003	0,00075	0,00016
	» sous-cutanée	0,0004	0,010	0,0005
	Head-drop dose	0,0002	0,00025	0,00015
	Durée de la curarisation après 10 doses toxiques	3 heures	1 heure	2 heures
Chien (chloralosé) :				
	Dose paralysant la respiration	0,0002	0,0005–0,002	0,0005

L'électivité de l'action qui s'exerce sur les synapses neuro-musculaires des fibres striées apparaît clairement, par le fait que l'on peut administrer sans dommage au Lapin soumis à la respiration artificielle, 500 fois la dose qui se montre toxique pour l'animal normal. La curarisation du Lapin dure en moyenne 1 heure après l'injection intraveineuse de $0^g,0015$, 3 heures après 0,003-$0^g,010$, plus de 6 heures après 0,020 et 0,030 g/kg.

Le *di*-iodométhylate de *bis*-(diméthylaminophénoxy) pentane est particulièrement actif pour le chien chloralosé. La paralysie respiratoire survient très régulièrement à la dose de 0,2 mg/kg. Au cours de la décurarisation, l'excitabilité des muscles volontaires réapparaît progressivement, et ce n'est que plusieurs heures après le retour des premières contractions musculaires que se rétablissent des mouvements thoraciques susceptibles d'entretenir l'hématose.

Tandis que le produit n'abaisse que d'une manière insignifiante la tension artérielle du Lapin, on observe généralement chez le Chien, à la dose curarisante, une chute de la pression, du type de celle que provoque l'injection de *d*-tubocurarine. Par la méthode manométrique de Ammon, il n'a été observé qu'une faible activité anticholinestérasique du 3.565 R. P.

L'étude qui précède apporte de nouveaux éléments à la connaissance des produits curarisants de synthèse. Au point de vue chimique, elle établit l'activité de produits, dont la molécule ne comporte pas les noyaux isoquinoléiniques ou quinoléiniques caractéristiques de la *d*-tubocurarine, des dérivés quaternaires de la quinine ou du *di*-iodoéthylate de *bis*-(quinoléyloxy-8')-1-5 pentane. Au point de vue pharmacodynamique, elle apporte la preuve qu'il peut exister dans les molécules relativement simples des propriétés curarisantes aussi intenses et aussi électives que celles que manifeste la *d*-tubocurarine naturelle.

BIOLOGIE. — *Action empêchante d'anticorps sur la réponse hormonale de la crête du Chapon.* Note de M. F. Caridroit et Mme A. Moszkowska, présentée par M. Robert Courrier.

L'importance de la réponse d'un organe récepteur à une hormone ne dépend pas seulement de la qualité et de la quantité de l'hormone, mais également des propriétés intrinsèques de l'organe et de conditions internes et externes. Par les expériences que nous rapportons, nous pensons avoir démontré que la réceptivité de la crête du Chapon diminue quand on lui injecte du sérum de Lapin contenant des anticorps pour la crête.

Nous nous sommes d'abord assurés que le sérum normal du Lapin n'avait pas d'effet. La crête du Chapon n° 427 s'est accrue de 5^{mm} en longueur, de 10 pour la somme longueur + hauteur, après 5 injections de $40^{\mu g}$ de proponiate de testostérone, avec ou sans 2^{cm^3} de sérum normal de Lapin par jour.

La sensibilisation des lapins fut obtenue en leur faisant journellement, pendant une semaine, l'injection sous-cutanée d'une suspension dans l'eau physiologique d'un broyat d'un morceau de crête récemment prélevé. Après 10 jours de repos, la ponction intracardiaque nous fournit le sang générateur de sérum *anticrête*.

Nos expériences ont consisté à essayer de neutraliser l'effet de l'hormone mâle sur la crête par le sérum. Elles furent faites selon trois modalités.

1° *Injection simultanée de sérum anticrête et d'hormone androgène pendant 5 jours.*

Chaque expérience a duré 5 jours; l'accroissement de la crête fut noté le sixième jour.

Le tableau suivant récapitule nos expériences.

Chapons.	Dose quotidienne en µg de propionate de testostérone.	Quantité journalière de sérum anticrête en cm³.	Accroissement de la longueur en mm.	Accroissement de longueur + hauteur en mm.
1	20	0	4	7
	20	2	−1	−1
2	20	0	4	7
	20	0,5	2	4
3	40	0	7	11
	40	2,5	0	0
4	60	0	12	21
	60	2	13	23
5	60	0	12	21
	60	6 à 8 en 3 fois	6	10

Le sérum anticrête à dose de 2 à $2^{cm^3},5$ par jour est capable d'empêcher l'action de 20 et de $40^{\mu g}$ de propionate de testostérone (Chapons 1 et 3). Si la quantité de sérum est de $0^{cm^3},5$ pour $20^{\mu g}$ de propionate de testostérone,

l'accroissement est seulement diminué (Chapon 2). Avec 2^{cm^3} de sérum et $60^{\mu g}$ de propionate de testostérone, l'accroissement est tout à fait normal (Chapon 4), mais, si l'on augmente la quantité de sérum (6 à 8^{cm^3} donnés en 3 fois en 24 heures), l'accroissement est notablement moindre (Chapon 5).

2° *Injection de sérum anticrête à des Chapons conditionnés stables.* — Chaque jour, nous injectons à des Chapons $20^{\mu g}$ de propionate de testostérone; la crête croît et atteint un équilibre. Sur deux Chapons ainsi préparés, nous faisons à ce moment des injections journalières de 2^{cm^3} de sérum *normal*, la crête n'a pas varié. Sur deux autres, nous faisons des injections journalières de 2^{cm^3} de sérum *anticrête*. La crête diminue de 2^{mm} en 7 jours malgré l'administration continue d'hormone.

3° *Injection simultanée et prolongée de sérum anticrête et d'hormone androgène.* — A un Chapon, nous faisons simultanément, chaque jour, une injection de 2^{cm^3} de sérum *anticrête* et de $40^{\mu g}$ de propionate de testostérone. Pendant 6 jours, aucun changement; le 7^e jour (dimanche) pas d'injection; le 8^e jour la crête a grandi de 3^{mm}. Les injections sont reprises et la crête ne monte plus du 9^e au 13^e jour. Le 14^e jour (dimanche), pas d'injection; le 15^e jour, on constate un deuxième acroissement de 4^{mm}. Les injections sont reprises; pas d'accroissement jusqu'au 18^e jour où cessent les injections de sérum.

En somme, la crête de ce Chapon a été inhibée tant que se pratiquaient les injections de sérum. Pendant la journée d'interruption, les anticorps étaient excrétés, mais l'hormone, en solution huileuse, n'étant pas encore résorbée, continuait à agir. L'accroissement se faisait donc par bonds, donnant une courbe en forme d'escalier.

Conclusion. — Il est possible d'empêcher ou d'inhiber la croissance de la crête d'un Chapon, recevant une hormone androgène, par un sérum contenant des anticorps pour la crête. La réceptivité des tissus de la crête se trouve diminuée. La quantité efficace de sérum est d'autant plus grande que la dose d'androgène est plus importante.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de la pénicilline et de la tyrothricine sur l'activité adénylpyrophosphatasique des extraits de muscles.* Note [1] de MM. **François Gros** et **Michel Machebœuf**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Au cours de travaux antérieurs [2] et [3] sur le mode d'action des antibiotiques, nous avons montré que la pénicilline inhibe fortement l'hydrolyse de l'acide adénosine triphosphorique par les suspensions non proliférantes d'un microbe *Clostridium sporogenes*.

Or, on sait que l'injection de pénicilline à haute dose à des Mammifères ne

---

(1) Séance du 9 juin 1947.

(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 858.

(3) *C. R. Soc. Biol.*, 1947 (sous presse)

provoque pas de troubles apparents dans leur contraction musculaire. Nous avons donc étudié l'action de la pénicilline sur l'adénosine-pyrophosphatase du muscle. Nous avons constaté que l'antibiotique ne manifeste ici aucune action inhibitrice comparable à celle que nous avons observée dans le cas du *Clostridium*.

A titre de comparaison nous avons étudié l'action d'un autre antibiotique, la tyrothricine qui, nous l'avons vu ([3]), n'a pas d'action inhibitrice sur l'activité adénosine-triphosphatasique des émulsions de *Clostridium*.

Nous avons travaillé avec des extraits musculaires de Lapin préparés suivant le procédé d'Ostern et Gutke ([4]). Les muscles d'un lapin fraîchement tué sont détachés le plus rapidement possible et congelés aussitôt. On les broye dans un appareil préalablement refroidi et maintenu dans un réfrigérateur à 0° C. On malaxe, puis on sort du réfrigérateur pour exprimer à travers une toile fine. Le liquide trouble obtenu est neutralisé à pH 7,0 par de la soude, puis il est abandonné pendant 2 heures 30 à +15°C. afin d'entraîner la destruction de l'acide adénosine-triphosphorique (A. T. P.) musculaire. On dialyse l'extrait pendant 4 heures sous pression constante dans une glacière. Pendant la dialyse, il se fait un dépôt; on ne prélève que le liquide surnageant.

Nous avons, d'autre part, préparé de l'adénosine-triphosphate de sodium à partir de muscles de lapins (et parfois de muscles de bœuf, *voir* expérience n° 4) en nous inspirant pour l'extraction trichloracétique de la technique de Lohmann ([5]) et pour la purification, de la technique de Kerr ([6]). Nous avons utilisé simplement de la pénicilline purifiée pour usage médical; nous en avons préparé une solution contenant 10000 U. O. par ml afin de pouvoir mettre en œuvre des doses très importantes d'antibiotique. Dans les essais sur la tyrothricine nous avons utilisé une suspension aqueuse homogène contenant 2^{mg} d'antibiotique par ml. Les solutions d'adénosine-trisphosphate de sodium que nous avons employées contenaient suivant les expériences de 3 à 10^{mg} de nucléotide par ml.

Voici le schéma de l'une de nos expériences.

	Numéros des tubes	I.	II.	III.	IV.	V.
Contenu des tubes.	Extrait musculaire	2,5	2,5	2,5	2,5	0
	Solution d'A. T. P	0	1	1	1	1
	Solution de pénicilline	0	0	1	0	0
	Suspension de tyrothricine	0	0	0	1	0
	Eau	2,5	1,5	0,5	0,5	4

Dans tous les cas, le pH était 7,0.

Les tubes furent placés dans une étuve à 30° C. pendant une heure, puis leurs

---

([4]) OSTERN, GUTKE et TERZAKOWECZ, *Zeits. für Phys. Chem.*, **223**, 1936, p. 9.

([5]) *Bioch. Zeits.*, **233**, 1931, p. 460.

([6]) *J. of Biol. Chem.*, **139**, 1941, p. 131.

contenus furent analysés. Le phosphore minéral fut dosé par la technique de Briggs (7) avant et après une brève hydrolyse dans l'HCl N, de façon à déterminer selon Lohmann (8) la quantité d'A. T. P. hydrolysée par l'extrait de muscle dans les diverses conditions.

Le tube I faisait connaître les petites quantités d'A. T. P. pouvant persister dans l'extrait musculaire lui-même.

Dans le tableau ci-dessous, nous présentons les résultats de quatre expériences portant sur des extraits musculaires différents et sur des quantités différentes d'A. T. P. Les résultats sont exprimés en μg de phosphore libérable de l'A. T. P. par une brève hydrolyse; ils sont rapportés à 5^{ml} de liquide.

		A. T. P. disparu par hydrolyse.		
Expérience.	A. T. P. introduit (d'après le tube V).	Témoin (tube II).	En présence de pénicilline (tube III).	En présence de tyrothricine (tube IV).
1.........	260 ± 15	126 ± 30	193 ± 30	204 ± 30
2.........	190 ± 15	122 ± 30	167 ± 30	190 ± 30
3.........	145 ± 15	114 ± 30	-	145 ± 30
4.........	520 ± 15	360 ± 30	416 ± 30	-

Conclusion. — Ni la pénicilline ni la tyrothricine n'ont manifesté d'action inhibitrice sur la déphosphorylation de l'acide adénosine triphosphorique par les extraits musculaires; peut-être même y a-t-il une légère activation par la tyrothricine.

Comme nous avions, d'autre part, constaté une intense inhibition de la déphosphorylation de l'A. T. P. par les suspensions non proliférantes de *Clostridium sporogenes*, nous décelons une différence remarquable entre les actions de cet antibiotique sur un microbe et sur le muscle des Mammifères.

MATIÈRE MÉDICALE. — *Contribution à l'étude des tanins du Maté et du Drosera*. Note (1) de MM. **Auguste** et **René Sartory** et Mlle **Madeleine Couderc.**

On connaît la place importante prise par les tanins en Matière médicale : l'étude de ces principes a fait l'objet de nombreuses recherches chimiques; néanmoins nos connaissances sur la structure de maints tanins sont encore imparfaites. Le manque d'uniformité de ce groupe est la cause des difficultés rencontrées par les chimistes dans la recherche d'une méthode type suffisamment rigoureuse pour le dosage des tanins végétaux.

(7) *J. of Biol. Chem.*, 53, 1922, p. 13.
(8) *Bioch. Zeits.*, **222**, 1930, p. 324.

(1) Séance du 9 avril 1947.

Y. M. Túcakov ([2]) a mis en pratique l'idée de facteur spécifique tout en fixant son choix sur une méthode de dosage des tanins végétaux réduits à l'état de tannates de zinc par oxydation argento-sulfochromique, selon la technique de Cordebard ([3]). F. Sternon, M^me^ Nihoul-Ghenne et M^me^ Destexhe ([4]) l'ont reprise et perfectionnée tout en en faisant une microméthode.

Nous nous sommes proposé d'étudier les tanins du Maté (*Ilex paraguariensis*) et du Drosera (*Drosera rotundifolia*), et nous avons adopté la méthode de Tucakov qui, grâce à l'établissement d'un facteur spécifique de réduction calculé sur le tanin isolé à l'état pur, permet de tenir compte de la constitution de chacun. La technique indiquée par Cordebard et Michl ([5]) (détermination de l'excès en $Cr_2O_7K_2$ par retour permanganique) nous a donné une précision suffisante à la suite d'essais pratiqués sur l'acide gallique, la pyrocatéchine, le tanin pur de Merck. La durée de chauffage ne semble pas avoir d'influence notable sur l'oxydation du tanin envisagé.

Les drogues ont été épuisées par lixiviation à l'eau bidistillée à froid suivie d'une lixiviation à chaud; le détail de ces opérations sera indiqué dans un mémoire de l'un de nous dont la publication est imminente. Les solutions sont concentrées sous pression réduite, clarifiées par centrifugation; après quoi on les met en présence de réactif de Courtonne à l'acétate neutre de plomb; on filtre, on recueille le précipité de tannate de plomb qui est traité par l'hydrogène sulfuré pour éliminer le plomb. Le tanin passe en solution. Le liquide est distillé sous pression réduite; on élimine ainsi l'hydrogène sulfuré et l'acide acétique; on sépare les huiles grasses par l'éther de pétrole et les composés phénoliques simples par l'éther anhydre. La solution tannique est précipitée par le réactif de Courtonne; on conserve seulement les fractions moyennes de précipitation; le précipité est décomposé par l'hydrogène sulfuré et celui-ci est éliminé ainsi que l'acide acétique. Après concentration à consistance sirupeuse, on lave à l'éther anhydre et on l'évapore sous pression réduite jusqu'à poids constant.

Le tanin isolé du *Maté* est amorphe, jaune brunâtre, assez difficilement soluble dans l'eau (1 partie de tanin pour 138 parties d'eau à $+16°$). Il donne les réactions suivantes : avec le perchlorure de fer, coloration verte. Avec l'acétate basique, l'acétate neutre de plomb et l'acétate de zinc ammoniacal, précipité blanc. Au moyen d'alun de fer à 10 % on obtient une coloration verte qui passe au violet par addition de soude. 20^{cm^3} de solution tannique additionnés de 2^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré et de 4^{cm^3} de formol à 40 % donnent

([2]) *Thèse Doct. Pharm., Nancy*, 1934.

([3]) *Ann. chim. anal.*, (2), **3**, 1921, p. 49.

([4]) F. Sternon et M^me^ Nihoul-Ghenne, *Bull. Soc. R. Sc., Liége*, **11**, 1942, p. 598; **8**, 1942, p. 443; Y. Destexhe, *Thèse doct. ès Sc. Pharm., Liége*, 1944.

([5]) *Bull. Soc. Chim.*, (3), **43** 1927, p. 97.

par ébullition de 30 minutes un précipité abondant. 1$^{cm^3}$ de solution de tanin auquel on ajoute 2$^{cm^3}$ d'acide acétique à 10 % et 1$^{cm^3}$ d'acétate de plomb à 10 % ne donnent aucun précipité. Ces essais nous fournissent des réactions caractéristiques des tanins catéchiques. La recherche du facteur spécifique de réduction nous donne le chiffre de 0,00483 qui semble confirmer la place de notre produit dans les tanins catéchiques. Les dosages effectués nous permettent de déterminer les proportions suivantes : 34^g,59 pour 1000^g de drogue courante et 38^g,2 pour 1000^g de drogue anhydre.

Le tanin extrait du Drosera est un produit brun jaunâtre, difficilement soluble dans l'eau (1 partie de tanin pour 294 parties d'eau). Avec le perchlorure de fer, coloration vert foncé. L'acétate basique, l'acétate neutre de plomb et l'acétate de zinc ammoniacal produisent un précipité blanc. L'alun ferrique donne une teinte vert foncé qui vire au brun rougeâtre, par addition de soude. La réaction au formol produit un abondant précipité. L'addition d'acide acétique et d'acétate de plomb donne un précipité. Nous avons établi pour le facteur spécifique de réduction, le chiffre de 0,005937.

Les dosages nous donnent les proportions suivantes : 13^g,50 pour 1000^g de drogue courante et 15^g,44 pour 1000^g de drogue anhydre.

A 16^{h}10^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^{h}45^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 28 mai 1947.)

M. *Pierre Lejay*. Remarques sur la Communication de M. *Jean Goguel*, L'équilibre des pressions dans la compensation isostatique locale des masses :

Page 1545, note au bas de la page, dernière ligne, *au lieu de* supplément notable des masses, *lire* déplacement notable des masses.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 JUIN 1947.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI VILLAT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à MM. **TORSTEN CARLEMAN**, Correspondant de l'Académie, Professeur à l'Université de Stockholm, Directeur de l'Institut Mittag-Leffler, **MICHEL PLANCHEREL**, Professeur à l'École polytechnique de Zurich, **ALEXANDRE OSTROWSKI**, Professeur à l'Université de Bâle, **J. G. VAN DER CORPUT**, Professeur à l'Université d'Amsterdam, Membre de l'Académie Royale des Pays-Bas, qui assistent à la séance.

M. le **PRÉSIDENT** annonce à l'Académie que la prochaine séance publique annuelle des prix aura lieu le lundi 15 décembre 1947.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la Pyramide de Chéops.* Note (1) de M. **PAUL MONTEL**.

1. Les éléments géométriques des Pyramides d'Égypte ont donné naissance, depuis un siècle, à une foule de spéculations et à la rédaction de nombreux ouvrages destinés à montrer qu'elles sont l'image d'idées mystiques ou de connaissances mathématiques étendues. On a décelé, dans leur orientation, leurs formes extérieures, leurs aménagements intérieurs, la traduction de lois astronomiques et de propriétés géométriques.

En se bornant à l'examen de la forme extérieure, on est conduit à formuler quelques observations simples. La plupart de ces Pyramides sont régulières et à base carrée horizontale. Leurs dimensions dépendent de la longueur $2b$ du côté du carré de base et de la hauteur h : leur forme dépend du seul rapport b/h. Si donc on veut graver dans l'édifice un nombre dont la vertu mystique ou l'importance scientifique paraît mériter de braver les siècles, le rapport b/h sera fixé et la forme extérieure entièrement déterminée.

Dès lors, si l'on découvre, dans les rapports des dimensions du monument, d'autres nombres importants, il en faudra conclure que la relation qui les définit est une conséquence de la relation initiale imposée, mais non qu'une

---

(1) Séance du 16 juin 1947.

intention nouvelle est venue s'ajouter à la première. Il faudra aussi se borner aux nombres dont la valeur mesurée sur l'édifice comporte une erreur relative de l'ordre des erreurs relatives des mesures expérimentales.

2. Dans la grande Pyramide de Chéops, du groupe de Guizeh, la plus ancienne relation connue remonte à Hérodote qui en fit la description au v^e siècle avant notre ère, 2500 ans après sa construction. D'après son récit, les prêtres égygtiens lui auraient assuré que l'aire de chaque triangle latéral est équivalente au carré ayant pour côté la hauteur de la Pyramide, ce qui donne la relation $h^2 = ab$, en désignant par a la hauteur, issue du sommet dans une face latérale, appelée aussi apothème.

On a découvert ensuite que le rapport a/b est égal au nombre d'or Φ qui a joué un rôle important dans l'École de Pythagore et qui, par les corporations d'architectes et de maçons, s'est transmis à travers le moyen âge jusqu'aux temps modernes, dans l'architecture et divers arts plastiques. Ce nombre, qui s'introduit dans la construction des pentagones et décagones réguliers, a pour valeur

$$\Phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} = 1,618\ldots$$

Cette valeur du rapport a/b est une conséquence immédiate de la relation d'Hérodote. Elle est vérifiée avec une erreur relative comparable à celle des mesures. Le revêtement en granit du monument a presque entièrement disparu et la pointe en est tronquée. Mais, des mesures nombreuses et conduites avec soin ont permis d'évaluer à 220 coudées royales la longueur du demi-côté de base et à 280 coudées royales la hauteur, avec une erreur relative ne dépassant pas quelques millièmes. La longueur de la coudée royale a été fixée à $0^{m},524$ par excès. On obtient ainsi pour a/b la valeur $14/11$, ce qui donne pour Φ la valeur 1,620 avec une erreur relative dépassant à peine 0,001.

3. On a également trouvé le nombre π dans les proportions de la Pyramide et énoncé diverses lois dont la suivante à laquelle elles se ramènent : le périmètre de la base est égal à la longueur d'une circonférence ayant pour rayon la hauteur. Cela conduit à vérifier l'égalité

$$\frac{1}{\Phi} = \left(\frac{\pi}{4}\right)^2.$$

Or, $1/\Phi = \Phi - 1 = 0,618$ et $(\pi/4)^2 = 0,617$. L'erreur relative est inférieure à 0,002.

4. On a cru déceler d'autres éléments géométriques comme l'heptagone régulier. Inscrivons cet heptagone dans le cercle circonscrit au triangle de section de la Pyramide par un plan passant par le sommet et les milieux de deux côtés opposés du carré de base. En prenant le sommet de la Pyramide comme un des sommets du polygone, les autres sommets du triangle sont aussi des sommets de l'heptagone. La proposition revient à vérifier que le nombre Φ

est égal à cosec²$(2\pi/7)$: le calcul donne pour ce nombre la valeur 1,636 au lieu de 1,618; l'erreur relative dépasse à peine 0,01 : elle est supérieure aux erreurs relatives des mesures.

D'ailleurs, si l'on admet des erreurs relatives de l'ordre du centième, on peut trouver dans la Pyramide d'autres constantes numériques célèbres, comme par exemple le nombre e, base des logarithmes népériens. Calculons la pente d'une arête sur l'apothème d'une face latérale adjacente et la pente de cette arête sur le sol : la première est $b/a = 1/\Phi$ et la seconde $h/b\sqrt{2} = 10/11$, en prenant pour $\sqrt{2}$ la valeur approchée 1,4. La somme des inverses de ces pentes est égale à e. On a, en effet,

$$1,618 + 1,1 = 2,718 = e,$$

avec trois décimales exactes. Si l'on prend pour $\sqrt{2}$ la valeur 1,4142, on trouve 9/10 pour la pente sur le sol. L'erreur relative serait de 0,01.

Dirons-nous aussi, comme on l'a fait pour les nombres Φ et π, que les Égyptiens de la IVᵉ dynastie connaissaient le nombre e et ont voulu l'incorporer à la Pyramide ?

5. Que pouvons-nous conclure des remarques précédentes ? Qu'une seule au plus des intentions précédentes a peut-être été traduite dans les proportions de l'édifice; sans doute la plus simple, celle que représente la relation d'Hérodote.

Je me rallie, pour ma part, à la sage conclusion de M. Jean-Philippe Lauer, directeur des fouilles de Saqqarah. Il pense que des considérations d'ordre technique ont guidé les constructeurs dans le choix des dimensions. Il était essentiel pour eux de vérifier aisément sur le chantier la pente des revêtements et surtout, celle des arêtes qui commande le tracé du dessin des pierres d'angle dont l'établissement précède celui des parements latéraux. Pour la Pyramide de Chéops, ils ont choisi les pentes de 9/10 pour les arêtes et, par suite, de 14/11 pour les faces. Seule une nécessité technique aurait ainsi fixé la forme de la Pyramide, et cette forme a entraîné la présence de nombres voisins de constantes remarquables.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *La diffusion cohérente et le microscope corpusculaire.* Note de M. **Louis de Broglie**.

Dans des Notes précédentes ([1]) nous avons examiné le problème de la mise en mouvement d'un objet par l'impact des corpuscules incidents dans un microscope corpusculaire, et nous sommes parvenu à la conclusion qu'il est sans doute impossible par ce moyen de *voir* la structure interne d'un atome. Mais dans notre raisonnement, nous avions admis que la diffusion des corpuscules incidents avait lieu par choc entre ceux-ci et l'objet comme dans l'effet

([1]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1017 et **223**, 1946, p. 490.

Compton. Ceci revenait à faire intervenir seulement la diffusion des ondes Ψ avec changement de fréquence, et l'on pourrait objecter (²) que la conclusion obtenue ne subsisterait peut-être pas si l'on tenait compte de la diffusion cohérente sans changement de fréquence, diffusion qui existe certainement en principe, puisque c'est elle qui est à l'origine du phénomène de la diffraction des électrons par les cristaux. Nous allons montrer que l'on peut écarter cette objection.

La théorie de la diffusion cohérente d'une onde Ψ par un atome a été donnée par M. Mott (³). Si nous représentons grossièrement l'atome par une sphère de rayon a, cette théorie montre que l'intensité de l'onde cohérente diffusée dans une direction qui fait l'angle θ avec la direction d'incidence, dépend essentiellement de la grandeur

$$\mu a = \frac{4\pi}{\lambda} \sin\frac{\theta}{2} a. \tag{1}$$

Pour des valeurs de μa qui sont grandes par rapport à l'unité, l'intensité en question devient négligeable.

Or pour pouvoir utiliser l'onde diffusée cohérente dans un microscope corpusculaire, il faut recueillir sur toute l'ouverture du microscope une intensité notable de cette onde. Si ε désigne l'angle de demi-ouverture, angle en pratique toujours très petit, du microscope corpusculaire, il faut donc que la quantité

$$\frac{4\pi}{\lambda} \sin\frac{\varepsilon}{2} a \simeq \frac{2\pi}{\lambda} \varepsilon a \tag{2}$$

ne soit pas grande par rapport à l'unité.

Mais d'après la théorie du pouvoir séparateur, on ne peut séparer deux points l'un de l'autre à l'aide du microscope corpusculaire que si ces deux points sont à une distance au moins égale à

$$d_{min} = \frac{\lambda}{2 \sin \varepsilon} \simeq \frac{\lambda}{2\varepsilon}. \tag{3}$$

Pour pouvoir utiliser la diffusion cohérente dans le microscope corpusculaire, il faudrait donc que la quantité $\pi(a/d_{min})$ ne soit pas grande devant l'unité. Mais, pour *voir* la structure interne de l'atome, il est justement nécessaire que d_{min} soit beaucoup plus petit que a. Au moment où la longueur d'onde devient assez petite pour qu'on puisse explorer la structure interne de l'atome, l'intensité de la diffusion cohérente devient négligeable. On parviendrait d'ailleurs à une conclusion analogue en étudiant la diffusion des rayons X et γ.

Ainsi l'intervention de la diffusion cohérente ne paraît pas permettre d'échapper aux conclusions de nos Notes précédentes relatives à l'impossibilité de *voir* l'intérieur des atomes à l'aide du microscope corpusculaire.

(²) Mon attention a été attirée récemment sur ce point par M. D. Gabor.

(³) *Wave Mechanics* (*Cambridge University Press*, 1930, p. 20).

MÉDECINE. — *Action expérimentale de la toxine neurotrope du bacille typhique sur les centres nerveux.* Note de M. **Hyacinthe Vincent**.

Ainsi que Claude Bernard l'avait signalé, certains poisons chimiques présentent une action aujourd'hui bien connue sur le système nerveux central. La *neurotoxine* sécrétée par le bacille de la fièvre typhoïde chez les malades et aussi dans les conditions spéciales de culture que j'ai fait connaître, affecte la même affinité élective pour les centres cérébraux et parfois médullaires.

La neurotoxine typhoïdique est normalement associée, dans les deux cas précédents, à un second poison soluble entièrement distinct par toutes ses propriétés, que j'ai dénommé *entérotoxine* (ou *toxine entérotrope*). J'ai décrit la technique spéciale de leur préparation et de leur isolement, leurs rôles pathogènes respectifs, leurs caractères biologiques etc. ([1]).

La neurotoxine typhoïdique se fixe sur les cellules cérébrales et cette localisation fournit l'explication des symptômes nerveux caractéristiques observés chez les malades. Or, il est possible de les réaliser entièrement par son inoculation sous-cutanée, intrapéritonéale ou intracranienne chez le Chien, le Lapin, le Cobaye etc. Notons dès à présent que les animaux sont normalement réfractaires au bacille pathogène de la fièvre typhoïde, mais ils ne le sont pas à l'égard des poisons solubles sécrétés par ce microbe.

La neurotoxine typhoïdique est ultralabile ([2]). Trente minutes après son isolement, sa toxicité a déjà fléchi; elle décroît ensuite progressivement. Après deux heures, à l'air où dans le vide, son pouvoir pathogène est devenu très faible. J'ai constaté que les cellules corticales du cerveau chez l'animal ayant succombé à l'injection sous-cutanée, intrapéritonéale et intraveineuse de la neurotoxine, ne présentent pas d'altération histologique. C'est pourquoi les symptômes nerveux si redoutables observés chez les malades sont susceptibles de guérir. La mortalité typhoïdique demeure cependant fréquente, malgré le caractère ultralabile de la neurotoxine, en raison de la sécrétion continue du poison par le bacille pathogène.

Par contre, on constate chez les malades la disparition totale des symptômes en deux, trois ou quatre jours, parfois en vingt-quatre heures, sous l'influence des injections du sérum antitoxique que j'ai également fait connaître et qui

---

([1]) *Soc. de Biol.*, 24 oct. 1903, pp. 1214 et 1216; *Ann. de l'Institut Pasteur*, 25 févr. 1893; *Sur les toxines typhoïdiques et sur la production d'un sérum spécifique contre la fièvre typhoïde. Comptes rendus.*, **161**, 1915, p. 220-223; *Ibid.*, **212**, 1942, p. 401; *Ibid.*, **214**, 1942, p. 525; *Ibid.*, **214**, 1943, p. 707; *Ibid.*, **216**, 1943, p. 860, etc.

([2]) La neurotoxine est sécrétée en quantité variable, suivant les souches. Il convient de s'adresser aux bacilles extraits immédiatement de malades atteints de forme nerveuse grave de fièvre typhoïde.

neutralise rapidement cette toxine ainsi que l'entérotoxine typhoïdique ([3]).

Si la neurotoxine manifeste une affinité élective pour les cellules cérébrales, la démonstration expérimentale peut en être donnée chez les animaux suivant deux techniques, l'une directe, l'autre indirecte.

1° On injecte sous la dure-mère d'un lapin adulte deux gouttes de toxine neurotrope provenant du 8e ou 10e passage de culture en sac de collodion inclus dans le péritoine du cobaye et filtrée. Peu après, le lapin manifeste des soubresauts, des tremblements, parfois des cris, puis une stupeur progressive et bientôt complète, entrecoupée de convulsions cloniques. La mort survient dans le coma absolu, en 3 à 8 heures.

Renouvelées chez d'autres animaux (chien, lapin, cobaye), les injections de la neurotoxine sécrétée par divers bacilles typhiques ont donné lieu à des symptômes identiques. Le chien meurt d'habitude plus tardivement, parfois en 2 ou 3 jours, dans la stupeur totale.

2° L'affinité spéciale et réciproque de la neurotoxine typhoïdique pour le cerveau peut être démontrée d'une autre manière.

On broie ensemble, pendant 10 minutes, un fragment d'écorce cérébrale normale de cobaye (volume d'un pois) et un ou un demi-centimètre cube de neurotoxine très active (qui tue le cobaye en 8 à 12 heures, à la dose de 4 à 6 gouttes injectées dans le péritoine). Le mélange est injecté, après dilution dans l'eau physiologique, sous la peau ou dans le péritoine d'un cobaye neuf. Ainsi fixée, la neurotoxine est entièrement dépourvue de tout pouvoir pathogène. Le cobaye demeure indemne.

3° Dans une autre série d'expériences, on renforce au maximum l'immunité à peu près complète que présente normalement le lapin à l'égard du bacille typhique en culture vivante sur gélose, âgée de 16 à 18 heures. A cet effet, on le vaccine à l'aide de quatre injections, à doses croissantes, de ce bacille faites tous les six ou sept jours. Or, l'animal n'est en rien protégé contre l'action de la neurotoxine. Injectée sous la peau ou dans le péritoine, elle détermine la mort du lapin dans la stupeur progressive, puis totale.

Ces expériences apportent la confirmation nouvelle de la nature essentiellement toxique des symptômes nerveux caractéristiques de la fièvre typhoïde.

J'ai démontré, d'autre part, qu'injectée expérimentalement aux animaux, l'entérotoxine ou toxine entérotrope du bacille typhique donne lieu, en l'absence du microbe, aux symptômes et aux lésions classiques intestinales,

---

([3]) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 273; *Bulletin de l'Acad. de Médecine*, 1944, p. 201. La préparation du sérum antityphoïdique a été interrompue par les événements de guerre, faute de matériaux nécessaires. Elle sera reprise bientôt, mais elle exige une longue durée par suite de la labilité excessive de la neurotoxine qui ne permet pas d'utiliser les méthodes usuelles destinées à l'immunisation des chevaux.

hépatiques, rénales, surrénales, etc. de la même affection ([4]). Le bacille n'agit, chez les malades, que par les toxines spécifiques qu'il sécrète.

En conséquence, la fièvre typhoïde se rattache par sa nature, ses symptômes essentiels et sa pathogénie, au groupe des maladies d'intoxication telles que la diphtérie ou le tétanos.

PRINCIPES DES SCIENCES MATHÉMATIQUES. — *Une épistémologie conforme à l'esprit de l'Analyse classique.* Note de M. **Georges Bouligand.**

On sait que les analystes sont en désaccord, dès qu'ils abordent les questions de fondement et de méthode. Chaque auteur opte pour un système épistémologique lié aux questions qu'il étudie. A cet égard, sont typiques un livre de M. Émile Borel ([1]) et un livre de M. Arnaud Denjoy ([2]), prolongés chacun par des Notes récentes de ces *Comptes rendus*.

Mon but actuel est de donner les points de départ d'une épistémologie pouvant cadrer avec l'esprit de l'Analyse, sous la forme où on l'enseigne aujourd'hui.

1. Il est excessif, à la faveur de quelque extrapolation, de voir en la Mathématique une synthèse établie. Il y a lieu de prendre en compte les nouveaux *problèmes* sans cesse attaqués ou posés du dehors, et de se représenter à chaque instant t la *synthèse globale* S_t, système en expansion et base commune à laquelle les mathématiciens qualifiés, à cet instant, font appel pour aborder les problèmes. L'aménagement de S_t est sans cesse révisé, de manière à conférer aux propositions, dans les diverses théories autonomes composant cette synthèse, la généralité la plus large qui va de pair avec la simplicité; par exemple, depuis le début du XIX^e^ siècle, le problème des cordes vibrantes a développé dans S_t la théorie des fonctions de variables réelles, et cela réagit maintenant sur d'autres branches de S_t, par exemple, la géométrie infinitésimale. L'évolution de S_t semble d'ailleurs se poursuivre en assurant l'élargissement progressif de zones de fixation.

2. Le *problème*, conçu d'abord à l'état fruste, prend vraiment le caractère mathématique à partir du moment où, certaines catégories s'étant dûment constituées dans S_t, on s'accorde à voir dans ce problème l'extraction, au sein de telle catégorie précise, d'un élément au moins répondant à des conditions assignées. Le praticien s'efforcera de *construire* la solution, ou en cas de pluralité, une solution distinguée par des conditions supplémentaires.

([4]) *Soc. de Biol.*, 24 octobre 1903, pp. 1214 et 1216; *Comptes rendus*, **161**, 1915, p. 220; *XIV^e Congrès de Médecine*, Bruxelles, 19 mai 1920; *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 707; *Ibid.*, 1943, p. 860; *Bull. Acad. de Médecine*, 13 mars 1945, etc.

([1]) *Les paradoxes de l'infini*, Paris, 1947, et *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 765, 1537 et 1597.

([2]) *L'énumération transfinie*, Paris, 1946, et *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 1081 et 1129.

3. Par contre, l'aménagement de S_t s'accommode de la *seule absence de contradiction*, ce qui permet d'y raisonner par l'absurde une fois admis le tiers exlu et d'y raisonner aussi sur un ensemble Z qui emprunterait un élément et un seul à tous les ensembles supposés disjoints, d'une certaine famille : dans ce sens, S_t sera dite *compatible avec l'axiome de choix*.

4. Il est fréquemment passé du plan des problèmes à celui de S_t et vice versa. Il en est ainsi quand on intègre à S_t des propositions, y trouvant leur place naturelle une fois certains problèmes résolus (par exemple, le fait que tel d'entre eux a une solution et une seule). D'autre part, si un énoncé, examiné pour inscription dans S_t, paraît suspect, on va chercher à l'infirmer par un exemple, en trouvant, dans la catégorie C des objets visés et pour lesquels est prétendue la propriété P, une propriété P′ incompatible avec P. D'où un problème dont il faut *construire la solution*. Ainsi, Henri Lebesgue ([3]) a montré que le principe de Dirichlet au sens classique énonce une propriété de continuité à la frontière inexacte pour un domaine quelconque, cela par un exemple, dûment construit, qui met cette propriété en défaut. Mais l'axiome de choix n'a pas d'efficacité constructive et un exemple conçu (sans plus) au moyen de cet axiome n'apporte aucune réfutation.

5. L'axiome de choix serait réfuté si l'on disposait contre lui d'un exemple dûment construit et non pas introduit par l'axiome de choix. Ce qui est fallacieux, c'est de l'amorcer par les termes : *il existe*. On laisse croire ainsi à un résumé de résultats obtenus à la résolution de quelque problème, d'où le malentendu. Par contre, l'axiome de choix vaut pour S_t, dans l'esprit indiqué fin du n° 3, lequel ne confère à cet axiome aucune vertu constructive. Ledit axiome n'apportant aucun secours devant un problème, on ne peut le réfuter au moyen d'un problème à conditions incompatibles où l'introduction de l'axiome de choix produirait le mirage d'une solution.

Trouver un ensemble formé avec les éléments d'un ensemble donné et soumis à d'autres conditions, une condition de bonne ordination par exemple, est un problème. L'axiome de choix est donc inopérant pour établir le théorème de Zermelo. Les principes ici admis conduisent en fin de compte à des conclusions paraissant cadrer avec les vues de M. Arnaud Denjoy.

6. L'épistémologie ci-dessus donne du prix à la technique générale des problèmes, sur laquelle j'ai publié récemment deux articles ([4]). L'épistémologie borélienne, attachée à la recherche d'un *système réduit* de nombres et aussi bien de fonctions, vraiment efficaces dans ce qu'on pourrait nommer les *problèmes naturels* (c'est-à-dire non anormaux), est un thème attachant : il pose des questions essentielles et difficiles que nul ne peut méconnaître. Toutefois le système réduit qui engloberait des nombres algébrico-différentiels tels que

---

([3]) *Comptes rendus des séances de la Société mathématique de France*, 1913, p. 17.

([4]) *Rev. Scient.*, 82e année, 1944, pp. 1 à 15; *Rev. génér. des Sc.*, 53, 1946, pp. 118-124.

e ou π, et le *système élargi* par lequel, en dépit de sa réceptivité à des êtres indéfinissables en fait ou de droit, les mathématiciens ont organisé la Physique macroscopique et l'Astronomie, semblent aussi éloignés l'un que l'autre de l'*agéométrisme total*, lequel viendrait étayer le point de vue corpusculaire, poussé à l'extrême, et ne connaîtrait que des processus opératoires sur certains groupements d'entiers.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Cecil Henry Desch** est élu Correspondant pour la Section de Chimie en remplacement de M. *Albert Recoura*, décédé, et MM. **Gaston Delépine** et **Pierre Pruvost** sont élus Correspondants pour la Section de Minéralogie, en remplacement de MM. *Maurice Lugeon*, élu Associé étranger, et *Maurice Gignoux*, élu Membre non résidant.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la Chaire d'Agronomie coloniale vacante au Muséum National d'Histoire Naturelle.

(Renvoi aux Sections de Botanique et d'Économie rurale.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Université d'Alger. *Travaux de l'Institut de Recherches sahariennes*. Tome IV, 1947 (présenté par M. de Martonne).

2° Jules Guiart. *Histoire de la Médecine française. Son passé, son présent, son avenir* (présenté par M. Laubry).

3° The U. S. S. R. Academy of Sciences. The V. L. Komarov Botanical Institute. *Volume of scientific Works carried out in Leningrad in the course of the three years of the great national war* (1941-1943) (en langue russe).

4° Académie vétérinaire de France. *Commémoration du Centenaire de la fondation*.

5° Station océanographique de Salammbô. Brochure. N° 1. *Études sur le Thon, la Daurade et les Muges. Histoires d'écailles et d'hameçons*. Conférence faite à l'Institut océanographique de Paris, par Henri Heldt.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie des fonctions quasi analytiques.* Note ([1]) de M. **Paul Turán**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Le problème général sur la quasi-analyticité dans un intervalle $[a, b]$ peut se résumer comme suit : Déterminer des classes de fonctions, aussi larges que possible, dans lesquelles deux fonctions différant essentiellement ([2]) ne puissent avoir *la même allure dans le voisinage d'un point c de l'intervalle* $[a, b]$. L'exemple classique d'une telle classe est la classe des fonctions analytiques, *la même allure* signifiant ici l'égalité de toutes les dérivées de même ordre pour $x = c$. Depuis les premières recherches de Hadamard, Denjoy, Carleman et de La Vallée Poussin concernant les classes de fonctions indéfiniment dérivables soumises à certaines restrictions, S. Bernstein et S. Mandelbrojt ont découvert des classes qui peuvent contenir des fonctions qui ne sont dérivables en aucun point de $[a, b]$. Une des classes de Mandelbrojt est basée sur les développements en série de Fourier des fonctions de la classe. Son théorème, appliqué à l'intervalle $[0, 2\pi]$ (ce qui ne diminue pas sa généralité), s'énonce de la manière suivante. Si les fonctions $f(x)$ appartenant à la classe sont telles que $f(x) \sim \sum_{n=1}^{\infty}(a_n \cos m_n x + b_n \sin m_n x)$, où la suite d'entiers croissants positifs m_n a l'exposant de convergence $\sigma < 1$, et si l'expression *même allure de deux fonctions* $\mu(x)$ *et* $\nu(x)$ *dans le voisinage de c* est définie par

$$\underline{\lim}_{h \to 0} e^{h^{-\delta}} \int_{c-h}^{c} |\mu(x) - \nu(x)|\, dx < \infty, \qquad \delta > \frac{\sigma}{1-\sigma}, \tag{1}$$

alors cette classe est quasi analytique dans le sens mentionné plus haut, c'est-à-dire si les fonctions

$$f_1(x) \sim \sum (a'_n \cos m'_n x + b'_n \sin m'_n x), \qquad f_2(x) \sim \sum (a''_n \cos m''_n x + b''_n \sin m''_n x)$$

sont telles que les exposants de convergence des suites m'_n et m''_n étant σ et si

$$\underline{\lim}_{h \to 0} e^{h^{-\delta}} \int_{c-h}^{c} |f_1(x) - f_2(x)|\, dx < \infty, \qquad \delta > \frac{\sigma}{1-\sigma},$$

$f_1(x) \equiv f_2(x)$ presque partout ([3]).

Je donne quelques nouvelles classes quasi analytiques, basées également sur le développement de Fourier, à *faire avec des restrictions portant non pas sur les exposants, mais sur les coefficients.*

([1]) Séance du 16 juin 1947.

([2]) C'est-à-dire qui diffèrent sur un ensemble de mesure positive.

([3]) S. Mandelbrojt, *Séries de Fourier et Classes quasi analytiques* (Gauthier-Villars, Paris, 1935, p. 107). Voir aussi N. Wiener, *C. R. Congrès International Mathémathique,* Oslo, I, 1936, p. 284. Pour une généralisation, voir Levine et Lifschetz, *Rec. Math.*, Moscou, (51), 9, n° 3, 1941, p. 693.

THÉORÈME I. — *Si* $f(x)=\sum_{\nu=1}^{\infty} a_\nu e^{m_\nu i x}$, *les* m_ν *étant entiers, et s'il existe une quantité positive* ρ *telle que*

$$\overline{\lim_{\omega \to \infty}}\, e^{\frac{2}{\rho}\omega \log \omega} \sum_{\nu \geqq \omega} |a_\nu| < \infty, \tag{2}$$

la classe formée de ces fonctions est quasi analytique dans le sens suivant : deux fonctions $f_1(x)$ *et* $f_2(x)$ *de cette classe telles que pour un certain* x_0

$$\lim_{h \to +0} e^{h^{-\rho}} \max_{x_0 - h \leqq x \leqq x_0} |f_1(x) - f_2(x)| < \infty, \tag{3}$$

sont égales presque partout.

Toutes les fonctions de cette classe sont continues, mais si les m_ν croissent assez rapidement, ces fonctions peuvent n'être dérivables en aucun point.

Nous démontrons en réalité le théorème suivant (où l'on ne suppose pas les exposants entiers) :

THÉORÈME II. — *Si la classe est formée des fonctions* $F(x)=\sum_{\nu=1}^{\infty} a_\nu e^{i\lambda_\nu x}$, *où les* λ_ν *sont réels et s'il existe une quantité positive* ρ *telle que la condition* (2) *est satisfaite, cette classe est quasi analytique dans le sens* (3).

Lorsque les λ_ν sont du même signe, H. Bohr [1] a démontré que la classe des fonctions presque périodiques, F, est quasi analytique dans le sens de S. Bernstein. Nous ne supposons rien sur les λ_ν et l'égalité sur un intervalle est remplacée par la condition plus faible (3). Mais nous imposons la condition (4).

Voici un lemme qui nous a servi dans plusieurs autres circonstances. *Si* $|z_\nu| \geqq 1$ $(\nu = 1, 2 \ldots n)$ *et si* $m > n$, *on a*

$$\max_{m-n \leqq \mu \leqq m} |c_1 z_1^\mu + c_2 z_2^\mu + \ldots + c_n z_n^\mu| > \left(\frac{n}{33m}\right)^n \sum_{\mu=1}^{n} c_\mu. \tag{4}$$

Pour démontrer le théorème II il suffit de montrer qu'on a $F(x) \equiv 0$ si (2) a lieu et si

$$e^{h_\nu^{-\rho}} \max_{x_0 - h_\nu \leqq x \leqq x_0} |F(x)| < c < \infty \qquad (h_1 > h_2 > \ldots \to 0). \tag{5}$$

Supposons que pour un certain x_1 $(x_1 \neq x_0)$, $F(x_1) \neq 0$. On peut supposer sans restreindre la généralité que $x_0 > 0$, $x_1 = 0$, $F(0) = 1$. Si l'on pose

$$N = (-3 h_j^\rho \log h_j)^{-1}, \tag{6}$$

$$F(x) = \sum_{\nu \leqq N} \mathfrak{a}_\nu e^{i\lambda_\nu x} + \sum_{\nu > N} \mathfrak{a}_\nu e^{i\lambda_\nu x} = F_1(x) + F_2(x), \tag{7}$$

---

[1] *Fastperiodische Functionen* (*Ergebnisse der Mathematik*, 1932, p. 90).

où j est assez grand pour que $2h_j < x_0$, $2|F_1(0)| > 1$ [ce qui est possible en vertu de (2)], on a en appliquant (4) à $F_1(x)$, avec $c_\nu = \mathfrak{A}_\nu$, $N = n$, $z_\nu = e^{ih_j\lambda_\nu/N}$, $m = (Nx_0/h_j)$:

$$(8) \qquad \frac{1}{2}\left(\frac{h_j}{33x_0}\right)^N < |F_1(0)|\left(\frac{h_j}{33x_0}\right)^N \leqq \max_{x_0-h_j \leqq x \leqq x_0} |F_1(x)|.$$

En vertu de (2) et de l'inégalité

$$|F_1(x)| = |F(x) - F_2(x)| \leqq |F(x)| + \sum_{\nu > N} |b_\nu|,$$

il existe une constante positive B telle que

$$|F_1(x)| \leqq |F(x)| + B\exp\left(-\frac{2N\log N}{\rho}\right),$$

ce qui, combiné avec (8) et (5), conduit à une contradiction, pour j assez grand, avec (6).

BALISTIQUE EXTÉRIEURE. — *Sur l'intégration par quadratures des équations du mouvement d'un projectile dans un milieu de densité et température variables.* Note (1) de M. **Eugène Leimanis**, présentée par M. Jean Chazy.

Dans l'étude du problème balistique principal (2), on se propose de déterminer le mouvement d'un point matériel, de masse égale à celle du projectile, soumis à l'action de deux forces : la *pesanteur*, dirigée suivant la verticale, et la *résistance du milieu*, dirigée suivant la tangente à la trajectoire du point, et en sens inverse du mouvement. Si l'on admet que l'accélération de la résistance de l'air, la température absolue moyenne et le poids du mètre cube d'air varient suivant les lois

$$\mathfrak{A} = c\,\delta(y)\,v^2 K\left(v\sqrt{\frac{T_0}{T(y)}}\right), \qquad T(y) = T_0 - \lambda y, \qquad \frac{\delta(y)}{\delta_0} = \frac{T_0}{T(y)} e^{-\frac{1}{R}\int_0^y \frac{dy}{T(y)}},$$

λ désignant 1/100 du gradient de la température, T_0 et δ_0 les valeurs de $T(y)$ et $\delta(y)$ à la surface de la Terre ($y = 0$) et R la constante du gaz, et si l'on prend au lieu de τ, v et y pour variables z, w et η, en posant

$$\frac{d\tau}{\cos\tau} = dz, \qquad v\sqrt{\frac{T_0}{T(y)}} = w, \qquad v^2 K\left(v\sqrt{\frac{T_0}{T(y)}}\right) = \frac{T(y)}{T_0} w^2 K(w) = \frac{T(y)}{T_0} f(w),$$

$$d\eta = \frac{T_0}{T(y)} dy, \qquad \alpha = \frac{1}{RT_0},$$

les équations différentielles du mouvement relatives à w et η deviennent

$$(1) \qquad \frac{dw}{dz} = w\,\mathrm{tgh}\,z\left(1 - \frac{w^2}{2g}\frac{\lambda}{T_0}\right) + c\frac{\delta_0}{g} w f(w) e^{-\alpha\eta}, \qquad \frac{d\eta}{dz} = -\frac{w^2}{g}\,\mathrm{tgh}\,z.$$

(1) Séance du 16 juin 1947.

(2) Cf. ma Note précédente, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1618.

Après que ce système est résolu, on obtient x et t par de simples quadratures. Soit

$$\mathbf{T}=\mathbf{Z}(z, w, \eta)\frac{\partial}{\partial z}+\mathbf{W}(z, w, \eta)\frac{\partial}{\partial w}+\mathbf{H}(z, w, \eta)\frac{\partial}{\partial \eta}$$

le symbole d'une transformation infinitésimale, qui transforme le système (1) en lui-même. Pour que **T** soit indépendante du coefficient balistique c du projectile, il faut que c n'intervienne pas dans les fonctions **Z**, **W** et **H**. En développant les calculs, on trouve le système suivant d'équations par rapport à $f(w)$:

$$(2)\left\{\begin{aligned}
&\left[a_1 w+\left(\alpha w+\frac{2g}{w}\right)\left(\frac{a_1}{\frac{\lambda}{T_0}}+a_2 e^{\frac{\lambda}{T_0}\eta}\right)\right]f(w)+g\left(1-\frac{w^2}{g}\frac{\lambda}{T_0}\right)\left(\frac{a_1}{\frac{\lambda}{T_0}}+a_2 e^{\frac{\lambda}{T_0}\eta}\right)f'(w)=0,\\
&\left[\frac{b_1}{2g}w^3 e^{-\frac{\lambda}{T_0}\eta}+\alpha w e^{\frac{\lambda}{T_0}\eta}\left(\frac{b_1}{2\left(\frac{\lambda}{T_0}\right)^2}e^{-2\frac{\lambda}{T_0}\eta}+\frac{b^2}{\frac{\lambda}{T_0}}e^{-\frac{\lambda}{T_0}\eta}+b_3\right)+\frac{2g}{w}\left(\frac{a_1}{\frac{\lambda}{T_0}}+a_2 e^{\frac{\lambda}{T_0}\eta}\right)\right]f(w)\\
&\quad+\left[\frac{b_1}{4\frac{\lambda}{T_0}}w^2\left(1-\frac{w^2}{2g}\frac{\lambda}{T_0}\right)e^{-\frac{\lambda}{T_0}\eta}+g\left\{\left(\frac{a_1}{\frac{\lambda}{T_0}}+a_2 e^{\frac{\lambda}{T_0}\eta}\right)-\frac{w^2}{2g}\frac{\lambda}{T_0}\left(\frac{a_1}{\frac{\lambda}{T_0}}+b_3 e^{\frac{\lambda}{T_0}\eta}\right)\right\}\right]f'(w)=0,\\
&\left[c_2+\frac{b_1}{2\frac{\lambda}{T_0}}\left(1-2\frac{w^2}{g}\frac{\lambda}{T_0}\right)e^{-\frac{\lambda}{T_0}\eta}\right]f(w)-\left[c_2+\frac{b_1}{2\frac{\lambda}{T_0}}\left(1-\frac{1}{2}\frac{w^2}{g}\frac{\lambda}{T_0}\right)e^{-\frac{\lambda}{T_0}\eta}\right]wf'(w)=0,
\end{aligned}\right.$$

et les expressions suivantes des fonctions **Z**, **W** et **H** :

$$\mathbf{Z}=-\operatorname{tgh} z\left(a_1\cosh^2 z+\frac{b_1}{4\frac{\lambda}{T_0}}e^{-\frac{\lambda}{T_0}\eta}+\frac{c_2}{2}\right),$$

$$\begin{aligned}
\mathbf{W}=a_1&\left[\frac{w}{2}\cosh 2z-\frac{g}{w\frac{\lambda}{T_0}}\left(1-\frac{w^2}{2g}\frac{\lambda}{T_0}\right)(1+\cosh 2z)\right]\\
&-a_2\frac{g}{w}\left[1+\left(1-\frac{w^2}{2g}\frac{\lambda}{T_0}\right)\cosh 2z\right]e^{\frac{\lambda}{T_0}\eta}\\
&-b_1\frac{w}{4\frac{\lambda}{T_0}}\left(1-\frac{w^2}{2g}\frac{\lambda}{T_0}\right)e^{-\frac{\lambda}{T_0}\eta}\operatorname{tgh}^2 z+b_3\frac{w}{2}\frac{\lambda}{T_0}e^{\frac{\lambda}{T_0}\eta}+\frac{c_2}{2}w(1-\operatorname{tgh}^2 z).
\end{aligned}$$

$$\mathbf{H}=\left(\frac{a_1}{\frac{\lambda}{T_0}}+a_2 e^{\frac{\lambda}{T_0}\eta}\right)\cosh 2z+e^{\frac{\lambda}{T_0}\eta}\left(\frac{b_1}{2\left(\frac{\lambda}{T_0}\right)^2}e^{-2\frac{\lambda}{T_0}\eta}+\frac{b_2}{\frac{\lambda}{T_0}}e^{-\frac{\lambda}{T_0}\eta}+b_3\right).$$

les a_i, b_j ($i=1, 2; j=1, 2, 3$) et c_2 étant des constantes arbitraires.

Le système (2) est satisfait dans les cas simples suivants :

I. $a_1=a_2=b_1=b_2=b_3=0, \quad c_2\neq 0 : \quad f(w)=w,$

II. $a_1=b_1=b_2=c_2=0, \quad a_2=b_3\neq 0 : \quad f(w)=\frac{1}{w^2}\left(1-\frac{w^2}{2g}\frac{\lambda}{T_0}\right)^{\frac{1}{R\lambda}+1},$

III. $a_1=a_2=b_2=b_3=c_2=0, \quad b_1\neq 0, \quad \alpha=-\frac{1}{2}\frac{\lambda}{T_0} : \quad f(w)=w\left(1-\frac{w^2}{2g}\frac{\lambda}{T_0}\right)^{\frac{3}{2}}.$

Dans le cas I, les invariants U et V de la transformation T correspondante, si l'on prend comme variables $X = gU$, $Y = U + V$, satisfont à l'équation

$$\frac{dY}{dX} = Y^3 + c\frac{\delta_0}{g}e^{-\frac{\alpha}{g}X}Y^2 - \frac{1}{2g}\frac{\lambda}{T_0}Y;$$

dans le cas II, si l'on pose $X = U$ et $Y = U + V$, à l'équation

$$\frac{dY}{dX} = -c\frac{\delta_0}{g^2}Y^{\alpha+1};$$

et dans le cas III, si l'on écrit $X = U$, $Y = V$, à l'équation

$$\frac{dY}{dX} = c\frac{\delta_0}{2g}\frac{1}{\sqrt{X}}\frac{Y^2}{1 + \frac{1}{2g}\frac{\lambda}{T_0}Y^2}.$$

La première équation est du type des équations d'Abel, tandis que les deux dernières s'intègrent par la séparation des variables. Dans chaque cas on obtient ω et η par une quadrature supplémentaire.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur l'entretien du pendule par le courant alternatif.* Note [1] de M. **Charles Cassignol**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans une Note antérieure [2] nous avons calculé la valeur du seuil d'excitation, c'est-à-dire la valeur E_0 au-dessus de laquelle l'entretien du pendule est réalisé. Le problème qui se pose maintenant est de savoir si, la tension dépassant légèrement E_0, les oscillations seront limitées en amplitude ou si elles cesseront d'être petites.

La méthode employée est la généralisation de celle qui nous a permis de calculer le seuil. En prenant comme infiniment petit principal

$$\varepsilon = \frac{x_0}{L}\frac{dL}{dx} \qquad (x = x_0 \sin \alpha t),$$

nous allons calculer par approximations successives l'intensité électrique dans le circuit et nous chercherons les termes d'ordre infinitésimal le plus bas possible mais > 1, donnant, dans l'expression de la force, naissance à des termes de battement à la pulsation α.

Nous séparerons dans ces derniers termes, les composantes en phase avec la vitesse qui nous fourniront l'expression d'un terme correctif dépendant de l'amplitude, portant sur le coefficient d'entretien d'interaction électromagnétique.

A. Plaçons-nous dans un cas particulier. Supposons que la self soit une

(1) Séance du 16 juin 1947.
(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 717-719.

fonction linéaire de x. L'équation différentielle donnant l'intensité est

$$(1)\qquad L(1+\varepsilon\sin\alpha t)\frac{d^2 i}{dt^2}+(R+2L\varepsilon\alpha\cos\alpha t)\frac{di}{dt}+\left(\frac{1}{C}-L\varepsilon\alpha^2\sin\alpha t\right)i=E\omega\cos\omega t.$$

Soit y une fonction du temps définie par

$$(2)\qquad L(1+\varepsilon\sin\alpha t)\frac{d^2 y}{dt^2}+R\frac{dy}{dt}+\frac{y}{C}=-\frac{E}{\omega}\cos\omega t.$$

On a manifestement $d^2y/dt^2=i$. Il est donc avantageux de raisonner sur l'équation (2,) qui est d'une écriture plus simple.

Posons, avec des notations évidentes, différentes cependant de celles de notre Note précédente :

$$(3)\qquad y=y_0+\varepsilon y_1+\varepsilon^2 y_2+\varepsilon^3 y_3+\ldots,\qquad i=i_0+\varepsilon i_1+\varepsilon^2 i_2+\varepsilon^3 i_3\ldots.$$

On voit facilement que :

(4)
- y_0 et par suite i_0 est une fonction sinusoïdale de pulsation ω ;
- y_1 et par suite i_1 est la somme de deux fonctions sinusoïdales de pulsations $\omega-\alpha,\quad \omega+\alpha$;
- y_2 et par suite i_2 est la somme de trois fonctions sinusoïdales de pulsations $\omega-2\alpha,\quad \omega,\quad \omega+2\alpha$;
- y_3 et par suite i_3 est la somme de quatre fonctions sinusoïdales de pulsations $\omega-3\alpha,\quad \omega-\alpha,\quad \omega+\alpha,\quad \omega+3\alpha$;
- ....

Formons l'expression de la force

$$(5)\qquad F=\frac{1}{2}\frac{dL}{dx}\left[i_0^2+2\varepsilon i_0 i_1+\varepsilon^2(i_1^2+2i_0 i_2)+2\varepsilon^3(i_0 i_3+i_1 i_2)+\ldots\right].$$

Le terme $2\varepsilon i_0 i_1$ nous a donné le seuil d'excitation.

Le terme $\varepsilon^2(i_1^2+2i_0 i_2)$ ne donne pas de battement à la pulsation α.

Le terme $2\varepsilon^3(i_0 i_3+i_1 i_2)$ donne six termes de battement à la pulsation α.

Le coefficient d'entretien électromagnétique f' est donc corrigé d'une quantité du second ordre. Si l'on suppose le coefficient d'amortissement visqueux extérieur f rigoureusement indépendant de l'amplitude, le coefficient d'amortissement résultant est de la forme

$$(6)\qquad f-f'(1-K\varepsilon^2).$$

On voit que, à supposer que K soit >0, l'amplitude se stabilise à la valeur $x_0=\frac{L}{\frac{dL}{dx}}\sqrt{\frac{f'-f}{f'K}}$. Dans le cas contraire, l'amplitude croît notablement et sa stabilisation dépend de conditions d'ordre supérieur au troisième.

B. *Cas général.* — La variation de la self est quelconque.

Les dérivées successives n'étant plus supposées nulles identiquement, nous

avons

(7) $$L = L_0 + x\left(\frac{dL}{dx}\right)_0 + \frac{x^2}{2}\left(\frac{d^2L}{dx^2}\right)_0 + \frac{x^3}{6}\left(\frac{d^3L}{dx^3}\right)_0 + \ldots,$$

ce qui conduit, en remplaçant x par sa valeur en fonction du temps, à trouver une équation en y de la forme

(8) $$L[(1 + p\varepsilon^2) + \varepsilon(1 + q\varepsilon^2)\sin\alpha t + r\varepsilon^2\cos 2\alpha t + s\varepsilon^3\sin 3\alpha t + \ldots]\frac{d^2y}{dt^2} + R\frac{dy}{dt} + \frac{y}{C} = -\frac{E}{\omega}\cos\omega t.$$

En raisonnant comme précédemment et en posant *a priori* une solution de la forme (3), on trouve des y de la forme (4).

Dans l'expression de la force, on doit maintenant tenir compte de la variation de $\frac{dL}{dx}$, soit

(9) $$\frac{dL}{dx} = \left(\frac{dL}{dx}\right)_0 + x\left(\frac{d^2L}{dx_2}\right)_0 + \frac{x^2}{2}\left(\frac{d^3L}{dx_3}\right)_0 + \frac{x^3}{6}\left(\frac{d_4L}{dx_4}\right)_0 + \ldots$$

En effectuant le calcul, on trouve en définitive, battant à la pulsation α :

a. Un terme du premier ordre égal à la somme du terme du premier ordre déjà calculé et d'un terme en phase avec l'élongation du pendule, ne modifiant donc pas l'entretien ;

b. Un terme du troisième ordre d'une écriture compliquée.

Le coefficient d'entretien du pendule a donc dans tous les cas la forme (6). Nous ne ferons pas le calcul du coefficient k. Nous nous contenterons de remarquer qu'il dépend linéairement de la dérivée $(d^3L/dx^3)_0$ et que l'on peut donc théoriquement lui imposer une valeur quelconque, positive ou négative.

L'intérêt pratique des considérations précédentes est restreint par le fait que l'amplitude limite, supposée faible, est physiquement mal définie. Elle est en effet proportionnelle à la racine carrée de l'excès de la tension sur la tension de seuil. Une fluctuation de tension à longue période modifie considérablement le régime du pendule. Pour une réalisation pratique satisfaisante, il conviendra donc d'opérer avec une tension dépassant largement la tension de seuil, c'est-à-dire avec une amplitude notable, la stabilisation de celle-ci étant obtenue par un procédé empirique.

ÉLASTICITÉ. — *Recherches sur les propriétés élastiques des métaux à l'aide des deux pendules en résonance d'Oberbeck*. Note [1] de M. **Constantin Salceanu**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous étudions les propriétés élastiques des métaux en utilisant le phénomène de résonance que présentent deux pendules de même longueur liés par l'inter-

---

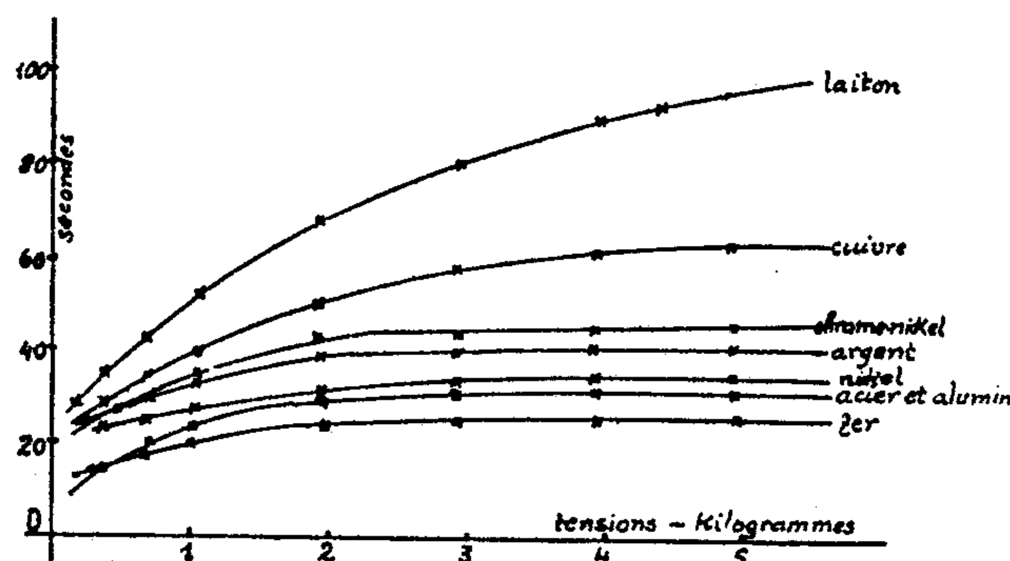
[1] Séance du 2 juin 1947.

médiaire d'un milieu élastique qui dans notre cas est constitué précisément par des fils des métaux étudiés. On sait que, si l'on met en mouvement le premier pendule, celui-ci provoque par résonance des oscillations du second, les oscillations se succédant de telle manière que les minima de l'un correspondent aux maxima de l'autre et *vice versa*. L'intervalle de temps mesuré entre les minima des oscillations d'un même pendule dépend de beaucoup de paramètres : la longueur, le diamètre du fil élastique qui joint les deux pendules, la longueur des pendules eux-mêmes, etc.

Nous employons un fil métallique ayant comme diamètre $0^{mm},5$ et comme longueur $1^{m},20$. Il est fixé à un mur à l'un de ses bouts, et près de l'autre extrémité il s'enroule sur une poulie pour aboutir à un poids qui permettra de faire varier la tension du fil. Dans tous les cas la partie horizontale du fil a 1^{m} de longueur et les deux pendules, distants de 19^{cm}, sont placés symétriquement par rapport au milieu de la partie horizontale du fil.

Les deux pendules étaient formés par une tige rigide (tige d'acier de diamètre 1^{mm}, de longueur 35^{cm}) à laquelle étaient attachés en bas un poids de 20^{g} et en haut une agrafe.

Sur la figure sont portées pour les différents métaux étudiés : en abscisses les



tensions en kilogrammes appliquées aux fils et en ordonnées les valeurs du temps écoulé entre deux minima successifs d'un même pendule.

Les courbes obtenues montrent d'abord l'accroissement avec la tension des intervalles de temps mesurés et ensuite une *saturation* que présente chaque courbe à partir d'une tension qui varie avec les métaux et qui est plus vite atteinte lorsque les temps mesurés sont courts. A la saturation les différents métaux se classent suivant une échelle qui ne correspond à aucune des propriétés élastiques connues des métaux. Le phénomène de résonance utilisé est produit par une perturbation alternative transversale qui se propage le long du fil métallique. Nous interprétons les différences constatées entre les divers métaux comme étant dues à une propriété analogue à la *viscosité* chez les liquides.

Le fil métallique étant soumis simultanément à une traction et à une torsion,

il y a deux actions conjuguées qui s'exercent sur le métal. Pour quelques-uns des métaux étudiés nous avons appliqué également la méthode statique de la mesure du coefficient de torsion du fil en le soumettant en même temps à des tractions variables.

Le fil, ayant $0^{mm},5$ de diamètre et une longueur de $0^{m},20$, était suspendu à un tambour gradué et l'on pouvait changer le poids G provoquant la traction du fil. A 5^{cm} du point d'attache était fixé un index ayant une longueur d de $0^{m},25$, dont l'autre extrémité s'attachait à un fil à coudre qui passait à ses deux extrémités sur deux poulies et qui portait un petit plateau à chaque extrémité. En plaçant un petit poids g ($0^{g},1$) dans un des plateaux, on appliquait au fil un couple de torsion variable.

En supposant que le couple de torsion restait proportionnel à l'angle de torsion mesuré θ, nous avons utilisé la formule servant à calculer la constante C de torsion du fil lorsque sa tension est constante : $(C\theta r^4)/l = gd$.

Le tableau suivant donne les valeurs de C ainsi trouvées pour divers métaux et diverses tensions G.

	Fer.		Aluminium.		Argent.		Cuivre.		Laiton.	
G_{gr}.	θ.	$C.10^{11}$.	θ.	$C.10^{11}$.	θ.	$C.10^{11}$.	θ.	$C.10^{11}$.	θ.	$C.10^{11}$.
100.....	1°24'	12,3								
500.....	1,18	13,2	2°00'	8,6	3°36'	4,7	6°24'	2,7	10°00'	1,6
1500.....	1,12	14,3	1,36	10,7	2,50	6,1	5	3,4	7,36	2,2
2500.....	1,09	14,9	1,30	11,4	2,36	6,6	4,22	3,9	7,05	2,4
3400.....	1,09	–	–	–	–	–	4	–	6	2,8
4400.....	1,09	–	–	–	–	–	–	–	5,35	3

Les valeurs trouvées pour le coefficient C pour les cinq métaux étudiés se succèdent dans le même ordre que les intervalles de temps séparant deux minima observés avec les pendules de résonance, mais en sens inverse. Il diffère de l'ordre de succession du coefficient de torsion donné dans les tables de constantes physiques. La variation de C avec la surcharge tend de même vers une saturation, comme on le constatait dans le cas des variations du temps entre deux minima. Ce temps déterminé par les pendules en résonance, renseigne ainsi sur l'inverse du degré de viscosité des métaux.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Généralisation de l'équation d'une particule de spin maximum* 1. Note (¹) de M. JACQUES VAN ISACKER.

L'équation générale d'une particule de spin maximum 1 peut s'écrire (²)

(1) $$(\Gamma^i \partial_i + 2\chi)\psi = 0 \qquad \Gamma^i = \Gamma^i_{(1)} + \Gamma^i_{(2)} = \gamma^i I + I\gamma^i,$$

les matrices γ^i étant les matrices de Dirac.

(¹) Séance du 16 juin 1947.

(²) L. DE BROGLIE, *Une nouvelle théorie de la lumière.*

Les équations (1) sont réductibles en trois groupes d'équations représentant respectivement une particule de spin 1 pur, une particule de spin 0 et une particule annihilée.

On obtient très facilement ces équations en construisant un spineur constant ψ^0 défini par $\psi^0\Gamma^i = 0$.

Posons les définitions

$$(2)\quad \begin{cases} V^i = \psi^0(\Gamma^i_{(1)} - \Gamma^i_{(2)})\psi, & H^{ij} = \psi^0(\Gamma^i_{(1)}\Gamma^j_{(1)} - \Gamma^i_{(2)}\Gamma_{j(2)})\psi, \\ S^i = \psi^0(\Gamma^5_{(1)}\Gamma^i_{(1)} + \Gamma^5_{(1)}\Gamma^i_{(2)})\psi, & I = \psi^0(\Gamma^5_{(1)} + \Gamma^5_{(2)})\psi, \\ & J = \psi^0\psi. \end{cases}$$

On obtient immédiatement les équations

$$(3)\qquad \partial_j H^{ij} + \varkappa V^i = 0, \qquad \partial_i V^j - \partial_j V^i - \varkappa H^{ij} = 0;$$

$$(4)\qquad \partial_i S^i + \varkappa I = 0, \qquad \partial_i I + \varkappa S^i = 0,$$

$$(5)\qquad \varkappa J = 0.$$

Il est évidemment possible de choisir dans les équations (3), (4), (5) des valeurs différentes pour les constantes massiques, puisque ces 3 groupes d'équations sont indépendants. Le problème que nous nous posons est de transformer l'équation (1) de manière à obtenir ces valeurs.

Il suffira pour cela de remplacer dans (1) la constante $\varkappa$ par une matrice K ayant trois valeurs propres. Nous choisirons pour l'équation (5) une constante massique nulle qui permette d'obtenir une fonction d'annihilation qui soit solution de l'équation (1).

Pour que dans les équations irréductibles l'on puisse remplacer la matrice K par une constante, il faut et il suffit que cette matrice commute avec les 4 matrices Γ^i, c'est-à-dire qu'elle fasse partie du centre de l'anneau engendré par ces matrices. Ce centre contient précisément trois matrices indépendantes, par conséquent il est possible de choisir K d'une et une seule manière pour obtenir les valeurs propres demandées.

Si nous nous rapportons à Kemmer ([3]), la matrice K sera de la forme

$$(6)\quad \begin{cases} 16K = (10\varkappa_1 + 5\varkappa_0) + (2\varkappa_1 - \varkappa_0)c_1 + (-2\varkappa_1 + 3\varkappa_0)c_2, \\ c_1 = \Sigma\eta^i - \Sigma\eta^{ij}, \quad c_2 = \Sigma\eta^{ijk} - \eta^{1234}, \quad \eta^i = \Gamma^i_{(1)}\Gamma^i_{(2)}, \quad \eta^{ij\cdots} = \eta^i\eta^j. \end{cases}$$

Une transformation simple permet d'écrire ce résultat sous la forme

$$(7)\qquad K = (\varkappa_1 - \varkappa_0)D_1 + \varkappa_0 D_2,$$

où D_1 a les valeurs propres 1, 0, 0 et D_2, 1, 1, 0 dans les équations (3), (4) et (5).

On a

$$(8)\qquad 16D_1 = 10 + 2c_1 - 2c_2, \qquad 16D_2 = 15 + c_1 + c_2.$$

([3]) KEMMER, *Proc. R. Soc.*, A. **166**, 1938, p. 127.

La différence de masse entre les particules de spin 1 et 0 est donc représentée par l'opérateur

$$\frac{h(\varkappa_1 - \varkappa_0)}{2\pi c} D_1 = \frac{h}{2\pi c} \frac{(\varkappa_1 - \varkappa_0)}{16} (10 + 2c_1 - 2c_2), \tag{9}$$

qui pour une particule au repos (ou à l'approximation non relativiste) se réduit à

$$\frac{h(\varkappa_1 - \varkappa_0)}{32\pi c} [10 + 2\Sigma\eta^i - 2\Sigma\eta^{ij} - 2\Sigma\eta^{ijk} + 2\eta^{1234}]$$

avec

$$\eta^4 = 1,$$

d'où

$$\frac{h}{2\pi c}(\varkappa_1 - \varkappa_0) D_1 = \frac{h(\varkappa_1 - \varkappa_0)}{32\pi c}(12 - 4\Sigma\eta^{ab}), \quad (a, b = 1, 23)$$

et comme

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta^{ab} = 1 - 2(S^{ab})^2 \qquad \Sigma(S^{ab})^2 = S^2, \\ \dfrac{h}{2\eta c}(\varkappa_1 - \varkappa_0) D_1 = \dfrac{h}{4\pi c}(\varkappa_1 - \varkappa_0) S^2, \end{array} \right. \tag{10}$$

S^2 étant la longueur totale du vecteur spin $[S^2 = j(j+1) = 2$ ou $0]$.

Pour une particule au repos la différence de masse apparaît donc comme due au mouvement gyroscopique de la particule et $h(\varkappa_1 - \varkappa_0)/4\pi c$ comme une *inertie de spin*.

PHYSIQUE. — *Recherches sur l'élasticité des gels de gélose.* Note [1] de M. **Vsevolod Romanovsky**, présentée par M. Aimé Cotton.

A la suite de mes recherches sur la déformation [2] des vases et des suspensions calcaires [3], j'ai entrepris l'étude de l'élasticité des gels afin d'obtenir un point de comparaison avec des corps physiquement bien définis tels que la gélose (agar-agar).

J'ai été amené à modifier la forme du plongeur du rigidimètre B. F. R. [4], en supprimant les deux cônes et en lui donnant ainsi une forme cylindrique.

Pour éviter l'action du gel sur les deux surfaces circulaires, supérieure et inférieure, j'ai coulé le matériau chaud sur une couche de mercure sur laquelle *flotte* la surface inférieure du plongeur, tandis que sa surface supérieure se trouve immergée dans l'huile.

Pour déterminer l'influence de la forme et de la dimension du plongeur, j'ai effectué des mesures avec des plongeurs de différentes dimensions. Pour déterminer l'influence de la surface verticale du plongeur, j'ai, successivement,

(1) Séance du 16 juin 1947.
(2) *Journ. de Phys.*, VIII, 4, n° 1, 1943, p. 13.
(3) J. Bourcart et V. Romanovsky, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 74.
(4) J. Bourcart, J. Florentin et V. Romanovsky, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 584.

utilisé des plongeurs lisses ou cannelés (les cannelures étant semblables à celles de la boîte à cisaillement de Casagrande).

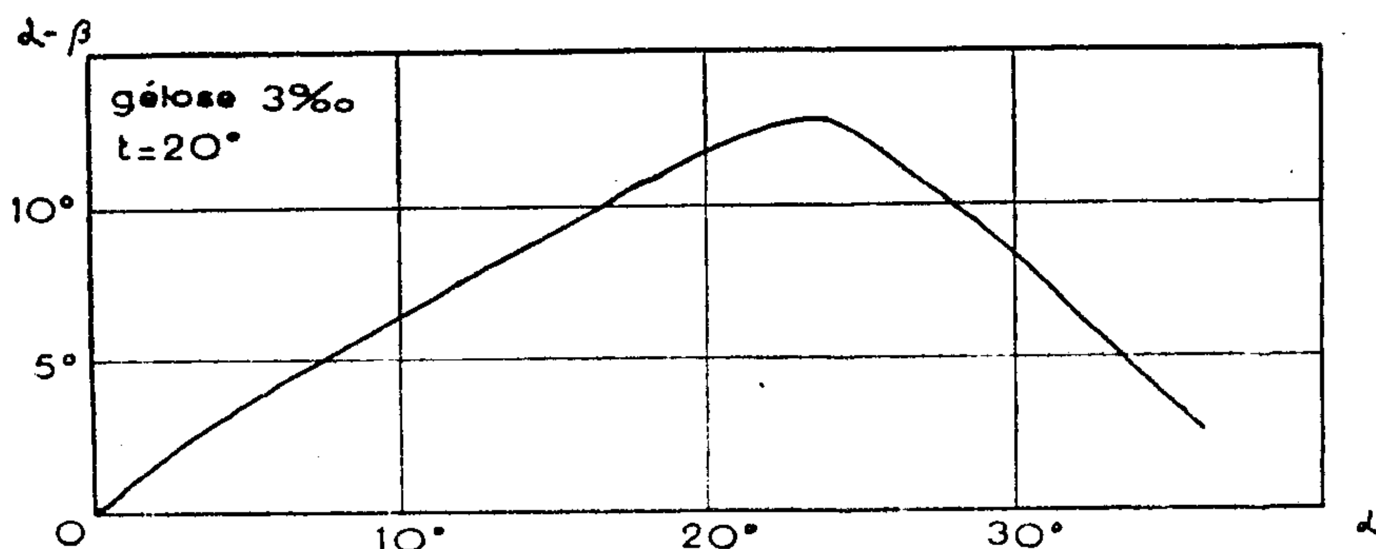
Pour supprimer le danger d'un décollement en masse le long de la surface du récipient, qui contient le gel, celle-ci a été pourvue de grandes cannelures.

Pour éviter la concentration de la gélose par évaporation, au cours d'une expérience prolongée sur un même matériau, j'ai été amené à recouvrir sa surface d'une couche d'huile (huile de paraffine).

La gélose employée a été celle du commerce; elle a été filtrée à chaud, puis versée, dans cet état, dans le récipient. Le plongeur a été introduit dans le matériau chaud et le tout laissé au repos pendant 24 heures pour permettre la prise.

Dans la suite de cet exposé, on désignera par la lettre α l'angle dont on tourne le bouton de torsion et par β, l'angle dont tourne le plongeur. Ainsi α est proportionnel à la force déformante et $\alpha - \beta$ est proportionnel à la déformation de la gélose correspondant à l'angle de torsion α.

Le graphique ci-dessous, où $\alpha - \beta$ est représenté en fonction de α, donne la variation de la déformation en fonction de la force déformante.



a. Influence de la dimension du plongeur. — La dimension du plongeur est sans influence sur l'élasticité du gel de gélose comme le prouvent les expériences effectuées avec des plongeurs de même forme, mais de dimensions différentes.

b. Influence de la nature de la surface verticale du plongeur. — Des expériences effectuées sur un même matériau, gélose à 3 ‰, ont permis de me rendre compte que pour les plongeurs cannelés, la rupture (limite élastique) de la masse de la gélose se produit pour un angle légèrement plus faible que dans le cas du plongeur lisse. Il semble que cela soit dû à l'influence des lignes verticales de discontinuité créées par les cannelures. Il s'avère donc que le cylindre lisse est celui qui donne les résultats les plus précis *dans le cas de la gélose,* car il n'y a pas de décollement entre le matériau et le métal. Pour des corps élastiques différents, il peut en être autrement, et chaque fois que l'on change de matériau, il est indispensable d'effectuer des essais comparatifs en se

servant des plongeurs lisses et cannelés pour se rendre compte s'il existe, ou non, des décollements le long du cylindre lisse.

c. Variation de la déformation ($\alpha - \beta$) *avec le temps* (t). — Pour de petits angles α les déformations sont pratiquement instantanées. Quand les angles augmentent, les déformations se font avec un retard de plus en plus important. La déformation minimum (pour un α donné) est atteinte dans un temps qui croît avec l'angle de déformation. A titre d'exemple, pour une gélose à 3 ‰, la déformation minimum est atteinte au bout de 48 heures pour des angles voisins de ceux qui provoquent la rupture.

Lorsque la limite élastique de la gélose est dépassée (on constate alors des ruptures dans la masse de la gélose), $\alpha - \beta$ diminue avec le temps et finit par atteindre une valeur nulle.

d. Variation de la déformation ($\alpha - \beta$) *avec la force déformante* (α). — La déformation augmente avec la force déformante jusqu'à une certaine valeur de α qui représente la limite élastique de la gélose considérée.

Cette variation semble être linéaire pour les petits angles α.

Quand on dépasse la limite élastique du matériau considéré, $\alpha - \beta$ diminue rapidement lorsque α continue à croître, et l'on finit par avoir $\alpha - \beta = 0$, car $\alpha = \beta$.

La gélose est donc un matériau parfaitement élastique. D'ailleurs, pour un angle α infiniment petit, β prend une valeur infiniment petite; la courbe de β en fonction de α passe par l'origine.

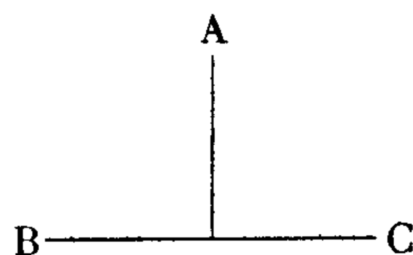
PYROTECHNIE. — *Sur la mesure des pressions absolues à l'aide des crushers.* Note de M. **Henri Muraour**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

On sait que les pressions engendrées par la combustion d'un explosif en vase clos se mesurent, en général, à l'aide de petits cylindres en cuivre ou crushers dont les dimensions sont, en France, 13^{mm} de hauteur et 8^{mm} de diamètre (crushers à canon). Ces crushers sont tarés par application d'une pression statique, à l'aide d'un manomètre à piston libre (type Amagat). Les durées d'application des pressions statiques sont de beaucoup supérieures aux durées d'écrasement au canon ou à la bombe (20 secondes pour $P = 2000^{kg}$ au lieu de 5 à 100 millisecondes). Or, on sait depuis longtemps qu'une même pression appliquée sur un crusher produit un écrasement d'autant plus faible que l'écrasement s'effectue en un temps plus court. Burlot, en comparant les pressions *table statique* ou *table M* avec les pressions déduites des tracés obtenus avec un accélérographe, a dressé une nouvelle table de tarage dite *table P, Sevran* 1931. Dans la région de 1000^{kg}, les pressions *table P* sont supérieures d'environ 5 % aux pressions *table M*.

De très nombreuses mesures comparatives de pressions explosives exécutées en collaboration avec André Langevin, Houet et Aunis avec des crushers et

avec un quartz piézoélectrique ont montré que pour des durées d'écrasement variant de 40 à 100 millisecondes, les pressions de la table Burlot doivent être relevées d'environ 4 % dans la région de 1200^{kg}.

A partir de ces expériences de base nous avons entrepris une série d'essais en vue de déterminer la correction à apporter dans les différentes régions de la table P Sevran 31. Nous avons utilisé dans ce but une bombe à trois tubulures :



en A se trouvait le bouchon d'allumage, en B et C deux bouchons avec piston de 1^{cm^2}. On a fait varier la densité de chargement et le nombre des crushers, en intervertissant la position de ceux-ci pour éliminer toute différence éventuelle entre les pistons B et C, qui ont d'ailleurs donné des résultats identiques. Dans ces expériences, exécutées avec des poudres de différentes vivacités, un des crushers était toujours écrasé dans la région de 1200^{kg}. On a ainsi déterminé les rapports 1200/600 et 2400/1200 pour des durées d'écrasement qui ont varié de 5 à 100 millisecondes. Le rapport 2400/600 a également été étudié. Voici, pour caractériser le lot de crushers employé, les écrasements observés pour diverses pressions appliquées statiquement à l'aide du manomètre Amagat.

Pressions appliquées (kg).......	250	500	1000	2000	3000	4000
Écrasement (mm)..............	0,100	0,399	1,179	3,348	5,518	6,925

Les expériences ont montré que, contrairement à ce qui était admis, les rapports entre les différentes régions de la table de tarage ne sont pas absolument indépendants de la durée d'écrasement. En combinant les résultats de ces expériences avec les résultats des tirs quartz-crusher, nous avons pu dresser une table qui indique les corrections que l'on doit apporter aux indications des tables M et P pour obtenir les pressions absolues. On voit que dans la région de 2400^{kg} cette correction est de + 0,4 % pour une durée d'écrasement de 98 millisecondes et de 3 % pour une durée d'écrasement de 2,5 millisecondes. Cette dernière correction est un minimum, car la comparaison crusher-quartz piézoélectrique n'a pas encore été effectuée pour des durées d'écrasement aussi faibles, toutes nos expériences ayant été interrompues par la guerre.

Nous n'avons pas porté sur le tableau la correction à apporter dans la région de 600^{kg} à la table Burlot. Cette correction, à peu près indépendante de la durée d'écrasement, est comprise entre + 5 et + 6 %.

Il est à noter que l'utilisation de la nouvelle table permet d'obtenir un accord presque parfait (à 1 ou 2 % près) entre les pressions explosives calculées à partir de la composition gazeuse, du Vo et des chaleurs spécifiques, le co-volume étant pris égal au 1/1000 du Vo, et les pressions enregistrées à la bombe,

corrigées de l'influence du refroidissement par les parois. (Voir *Chaleur et Industrie*, janvier 1939, p. 31, C. R. de la 10e séance du Centre d'étude thermique du 16 décembre 1938.)

Comparaison des différentes tables de tarage des crushers en cuivre de 13/8.

	A Durée de l'écrasement (en msec).	B. Pression d'après la table M.	C. Pression d'après la table P. Sevran 31.	D. Nouvelle table.	E. Différence % entre C et D.
Corrections déduites de la comparaison crusher-quartz.........	40	1080	1140	1189	+4,3
	100	1045	1100	1138	+3,5
Corrections déduites des essais comparatifs exécutés dans la bombe à trois tubulures.......	2,5	2149	2415	2488	+3,0
	3,1	2186	2460	2544	+3,4
	20	2156	2424	2492	+2,8
	50	2259	2544	2598	+2,1
	98	2251	2534	2544	+0,4
	50	3516	3720	3897	+4,8

ÉLECTRICITÉ. — *Galvanomètre immergé antivibratoire.* Note (1) de MM. **Marcel Schlumberger** et **Maxime Picard**, présentée par M. Albert Pérard.

Pour les besoins de la géophysique, nous avons été amenés à étudier et à construire des galvanomètres sensibles à miroir présentant un certain nombre de caractéristiques intéressantes, et en particulier une grande indifférence aux chocs et vibrations mécaniques extérieurs.

Le principe utilisé consiste à immerger, dans un liquide emplissant entièrement le corps du galvanomètre, l'équipage mobile de telle façon que les forces de poussée hydraulique, qu'il reçoit du fait de l'immersion, équilibrent exactement son poids et autant que possible les forces d'inertie dues aux chocs.

En réglant la masse et la position du contrepoids en métal dense porté par l'équipage, on peut amener, avec une très grande précision, à une température définie, l'équipage non muni de ses fils de suspension à flotter en équilibre indifférent dans le liquide qui remplira le corps du galvanomètre (un écart de 1/10 de micron entre centre de poussée et centre de gravité retourne l'équilibrage dans cet essai).

Un deuxième équilibrage dans l'air, fils de suspensions montés sur l'équipage, permet, en agissant sur des pièces ayant la densité du liquide, de faire passer l'axe de suspension par le centre de gravité sans changer le premier équilibrage. Les couples dus aux forces qui peuvent subsister par suite, en particulier

(1) Séance du 6 juin 1947.

des différences de dilatation entre solides et liquide, se trouvent ainsi sensiblement annulés.

Une accélération de translation, même violente, est sans effet sur un équipage ainsi équilibré, immergé dans une enceinte entièrement remplie de liquide.

L'action des accélérations de rotation perpendiculaires à l'axe de suspension peut être très diminuée, par rapport à ce qu'elle serait dans l'air si, d'une part, les moments d'inertie de la masse de liquide déplacé et de l'équipage sont à peu près égaux et si, d'autre part, la paroi interne du corps de galvanomètre produit un cloisonnement suffisant pour que le liquide soit effectivement entraîné sans remous dans le mouvement du galvanomètre.

En résumé, l'immersion de l'équipage réalisée suivant ces principes diminue dans une énorme proportion les réactions sur la suspension, ce qui a pour résultat :

1° de rendre ces galvanomètres très robustes (les plus sensibles que nous ayons construits et qui consomment $1,2 \times 10^{-9}$ A pour une déviation de 1^{mm} à 1^{m}, supportent sans inconvénient une chute libre de 1^{m} sur plancher de bois, malgré l'absence d'immobilisation du cadre);

2° de leur permettre en pratique de travailler indifféremment en toute position depuis la verticale jusqu'à l'horizontale;

3° de les rendre très peu sensibles aux vibrations mécaniques extérieures.

L'immersion du cadre a, d'autre part, pour effet d'ajouter à l'amortissement électro-magnétique un amortissement hydraulique qui, avec le liquide utilisé, dépend peu de la température et augmente la souplesse d'utilisation normale du galvanomètre sur un circuit de résistance variable.

Du fait du refroidissement des fils de suspension et du cadre par le liquide qui les baigne, des surcharges pouvant atteindre plusieurs milliers de fois la charge normale sont sans inconvénient.

Au point de vue réalisation, nous avons choisi comme liquide d'immersion le perchloréthylène (C_2Cl_4) pour sa densité, son absence de conductibilité électrique, sa faible viscosité et ses qualités optiques. L'équipage mobile est constitué par un cadre en fil de cuivre fin rigidement fixé sur un bâtonnet en bakélite moulée servant de flotteur. Il est muni de contrepoids d'équilibrage et porte le miroir. Deux fils de suspension fixés aux deux extrémités du bâtonnet dans son axe servent d'amenée et de sortie du courant. Le corps du galvanomètre, en bronze d'aluminium muni de pièces polaires rapportées, est entièrement étanche. Il comporte deux compartiments réunis par un trou de quelques dixièmes de millimètre de diamètre. Le compartiment inférieur dans lequel se trouve l'équipage et sa suspension est toujours rempli de liquide sans bulle de gaz; le compartiment supérieur qui sert de réservoir de dilatation comporte une réserve de liquide et une bulle de gaz. Les microbulles qui pourraient se former dans le réservoir d'équipage passent automatiquement dans le réservoir supérieur de dilatation à travers le trou de communication.

La réalisation d'une bonne optique à grand champ, avec immersion du miroir dans un milieu dont l'indice de réfraction est aussi fort et variable avec la température que le perchloréthylène, n'a pu être obtenue que grâce aux dispositions suivantes :

Les surfaces de la lentille avant fermant, d'une manière étanche, le corps du galvanomètre, sont des sphères concentriques dont le centre est sur l'axe de l'équipage. Les rayons lumineux sont donc toujours sensiblement dirigés suivant la normale aux surfaces. Le miroir du galvanomètre est une lentille convexe concave argentée sur sa face concave.

La distance focale, l'indépendance à la température et l'achromatisme de cette optique sont alors obtenus par la détermination des paramètres suivants : courbures des deux faces de la lentille miroir, épaisseur de la lentille de fermeture (le rayon extérieur de cette dernière caractérisant l'encombrement étant pris comme une donnée) et indices de réfraction des deux lentilles.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'interaction entre un faisceau électronique et le circuit en hélice utilisé dans le tube à onde progressive.* Note de M. **Jacques Laplume**.

Différents auteurs (1), (2), (3) ont étudié l'interaction entre un faisceau électronique et une onde guidée dans un milieu de constante diélectrique élevée à symétrie de révolution. On se propose ici d'appliquer leur méthode au cas de l'hélice conductrice, en s'appuyant sur les résultats établis par M. Roubine (4) en l'absence d'interaction.

On suppose que la section du faisceau est circulaire, que la densité électronique et la vitesse moyennes sont constantes dans la section, que toutes les vitesses sont axiales, que la modulation en vitesse et en densité résultant de l'interaction est faible, et enfin que le pas de l'hélice est suffisamment faible pour que la répartition du champ soit sensiblement de révolution. L'étude est faite en régime permanent.

A l'intérieur du faisceau, le champ électromagnétique dérive d'un potentiel vecteur $\vec{A}$ vérifiant l'équation de propagation

$$\Delta\vec{A} + k^2\vec{A} = -4\pi\left(-\rho_0\vec{u} + \vec{u}_0\rho\right).$$

On écrit en outre la condition de conservation de l'électricité

$$j\omega\rho + \operatorname{div}\left(-\rho_0\vec{u} + \vec{u}_0\rho\right) = 0,$$

(1) P. Lapostolle, *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 268, 558, 814.

(2) R. Wallauschek, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 191.

(3) J. P. Voge, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1117.

(4) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1149; *Onde électrique*, **27**, 1947, p. 203.

et l'équation du mouvement projeté sur l'axe

$$j\omega u + u_0 \frac{du}{dz} = \frac{e}{m} E_z.$$

Le facteur $e^{j\omega t}$ est partout sous-entendu. Dans ces équations, $-\rho_0$ désigne la densité électrique moyenne du faisceau, $\vec{u}_0$ la vitesse moyenne, ρ la fluctuation de densité électrique, $\vec{u}$ la fluctuation de vitesse. $\vec{u}_0$ et $\vec{u}$ sont deux vecteurs axiaux.

Une solution particulière de ce système, régulière sur l'axe, s'obtient en prenant pour $\vec{A}$ un vecteur purement axial d'intensité

$$A = C I_0(\beta' r)\, e^{-jk'z},$$

avec

$$\beta'^2 = (k'^2 - k^2)(1 - s), \qquad s = 4\pi \frac{e\rho_0}{m\varepsilon} \frac{1}{(\omega - k' u_0)^2}.$$

C est une constante multiplicative.

On obtient une solution plus générale en superposant à la distribution qui résulte de cette expression de A une onde du type H dans le milieu libre.

Dans le domaine extérieur au faisceau peut se propager une onde dérivant d'un potentiel $\vec{A}'$ et d'un antipotentiel $\vec{A}''$ purement axiaux de forme générale

$$\begin{matrix} A' \\ A'' \end{matrix} = [L I_0(\beta r) + M K_0(\beta r)]\, e^{-jk'z}.$$

L et M sont deux constantes (L est nulle dans le domaine extérieur à l'hélice), et $\beta^2 = k'^2 - k^2$.

Les conditions de raccordement sont les suivantes :

— à la périphérie du faisceau : continuité des composantes du champ;

— sur l'hélice : continuité du champ électrique tangent et du champ magnétique normal à l'hélice, et orthogonalité du champ électrique et de l'hélice.

Ces conditions s'expriment au moyen d'un système d'équations linéaires et homogènes par rapport aux constantes d'intégration introduites par le calcul. La constante de propagation k' est définie par la condition de compatibilité de ces équations, qui s'écrit

$$0 = \begin{vmatrix} I_1(\beta' r_0) & 0 & -I_1(\beta r_0) & K_1(\beta r_0) & 0 & 0 \\ \frac{\beta'}{1-s} I_0(\beta' r_0) & 0 & -\beta I_0(\beta r_0) & -\beta K_0(\beta r_0) & 0 & 0 \\ 0 & -j\omega\mu I_1(\beta a) & \beta \operatorname{tg}\alpha\, I_0(\beta a) & \beta \operatorname{tg}\alpha\, K_0(\beta a) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \beta \operatorname{tg}\alpha\, K_0(\beta a) & j\omega\mu K_1(\beta a) \\ 0 & j\omega\mu \operatorname{tg}\alpha\, I_1(\beta a) & \beta I_0(\beta a) & \beta K_0(\beta a) & -\beta K_0(\beta a) & j\omega\mu \operatorname{tg}\alpha\, K_1(\beta a) \\ 0 & \beta \operatorname{tg}\alpha\, I_0(\beta a) & j\omega\varepsilon I_1(\beta a) & -j\omega\varepsilon K_1(\beta a) & j\omega\varepsilon K_1(\beta a) & -\beta \operatorname{tg}\alpha\, K_0(\beta a) \end{vmatrix}$$

a et r_0 sont les rayons de l'hélice et du faisceau, $(\pi/2) - \alpha$ est l'inclinaison de l'hélice sur l'axe.

Si βa est suffisamment grand et βr_0 suffisamment petit pour que l'on puisse, sans erreur appréciable, remplacer les fonctions de Bessel par les parties principales de leurs développements en séries de Taylor ou asymptotiques, l'équation se réduit à

$$\left(k'^2 - \frac{k^2}{\sin^2\alpha}\right)\left(k' - \frac{\omega}{u_0}\right)^2 = \frac{2\pi e \delta}{m u_0^2 \varepsilon} \beta^4 e^{-2\beta a},$$

formule dans laquelle $\delta = \pi r_0^2 \rho_0$ est la valeur absolue de la charge transportée par unité de longueur du faisceau.

Cette équation est du même type que celle établie par J. R. Pierce, par une autre voie ([5]).

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *La limite de résolution de l'objectif électrostatique à trou central ovalisé.* Note ([1]) de MM. **Henri Bruck** et **Pierre Grivet**, présentée par M. Camille Gutton.

Dans quelques Notes récentes ([2]) M. F. Bertein indique un procédé de calcul du champ d'une lentille légèrement ovalisée, et détermine ainsi le champ, près de l'axe, d'un objectif électrostatique à électrode centrale elliptique. On peut déduire de ces calculs la valeur $\mathcal{C}'$ de la constante d'aberration d'ellipticité de l'objectif ovalisé, ainsi que la meilleure limite de résolution qu'il permettrait d'atteindre.

On définit comme ellipticité $\eta = \Delta a/2a$ du trou le rapport de la différence à la somme des axes principaux du trou, et, d'une manière analogue, comme ellipticité du champ sur l'axe de la lentille $\varepsilon(z) = (E_y - E_x)/(E_y + E_x)$. La constante d'aberration d'ellipticité est (W. Glaser, *Zeits. f. Physik*), ([3])

$$\mathcal{C}' = \frac{1}{4 r_0'^2 \sqrt{\Phi_0}} \int_{z_0}^{\infty} \frac{\Phi'' \varepsilon r^2}{\sqrt{\Phi}} dz.$$

L'indice Φ se rapporte au lieu de l'objet, tandis que r est une trajectoire issue de l'objet.

L'expression sous le signe somme prend avec Φ'' des valeurs notables seulement dans un petit domaine axial près du trou central. Pour l'objectif étudié ([3]), l'ellipticité du champ s'avère dans ce domaine pratiquement

([5]) *P. I. R. E.*, 1947, p. 111.

([1]) Séance du 16 juin 1947.

([2]) *Comptes rendus*, 224, 1947, pp. 106 et 560.

([3]) F. Bertein et E. Regenstreif, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 737.

constante et égale à l'ellipticité du trou central $\varepsilon(z) \approx \eta$.

On peut ainsi écrire en évaluant l'intégrale

$$\mathcal{C}' \approx 1,2 f\eta \approx \Delta a.$$

La limite de résolution minimum est ([4])

$$\delta_{\min} = 0,85\,\lambda\sqrt{\frac{\mathcal{C}'}{\lambda}}, \qquad \text{avec} \quad \alpha_{\text{opt}} = 0,71\sqrt{\frac{\lambda}{\mathcal{C}'}},$$

dans le domaine $\mathcal{C}' > 0,5\,\lambda\sqrt{\mathcal{C}_s/\lambda}$.

En posant $\lambda = 5,5.10^{-2}$ Å (électrons de 50 kV) et $\mathcal{C}_s = 75^{mm}$ (valeur usuelle), on obtient numériquement :

$\Delta a = \mathcal{C}'[\mu]$	0	0,32	1	4	16
$\eta = \varepsilon$	0	4.10^{-5}	$1,25.10^{-4}$	5.10^{-4}	2.10^{-3}
$\delta_{\min}[m\mu]$	0,79	1,13	2,0	4,0	8,0
$10^3.\alpha_{\text{opt}}$	3,4	2,9	1,7	0,82	0,41

Ce tableau montre l'importance du défaut d'ellipticité. Il semble ainsi cependant possible d'atteindre la limite de résolution de $\delta_{\min} = 2\,m\mu$ avec $\Delta a = 1\,\mu$.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Effet photoélectrique.*

Note ([1]) de M. **Daniel Charles**, présentée par M. Camille Gutton.

L'étude des propriétés et de la formation des couches photoélectriques complexes est rendue malaisée par la difficulté de reproduire deux fois la même couche. C'est pourquoi il nous paraît intéressant d'exposer les résultats d'une étude portant sur 35 cellules préparées toutes dans des conditions aussi semblables que possible.

Toutes les cellules sont constituées d'une anode cylindrique de 60^{mm} de long et de 20^{mm} de diamètre, en nickel poli et d'une cathode circulaire plane de 18^{mm} de diamètre, en nickel recouvert d'argent, placée perpendiculairement à l'axe du cylindre et enfoncée dans celui-ci de 10^{mm}. L'ensemble est enfermé dans une ampoule cylindrique fermée à une extrémité par une glace plane pour l'entrée de la lumière et munie à l'autre d'un tube pour le pompage, et d'un capillaire de 30^{mm} de long et de 1^{mm} de diamètre terminé par une ampoule contenant le césium (*fig.* 1).

La cathode en nickel est recouverte, à la construction, d'une couche d'oxyde d'argent par pulvérisation. La sensibilisation est obtenue comme suit :

L'oxyde d'argent, préalablement réduit, est oxydé par décharge électrique

([4]) H. Bruck, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1628.

([1]) Séance du 16 juin 1947.

dans l'oxygène jusqu'au vert du premier ordre. L'ampoule, toujours en relation avec les pompes, est plongée tout entière dans une étuve à 190° C. Le césium distille lentement grâce au capillaire et vient former la couche sensible par action sur l'oxyde d'argent. Pendant cette opération sont suivis, en fonction du temps, le courant d'émission thermique, le courant d'émission photoélectrique et les teintes de la cathode (*fig.* 1). L'étuvage est arrêté quand l'émission thermique a décru de quelques pour cent depuis le maximum.

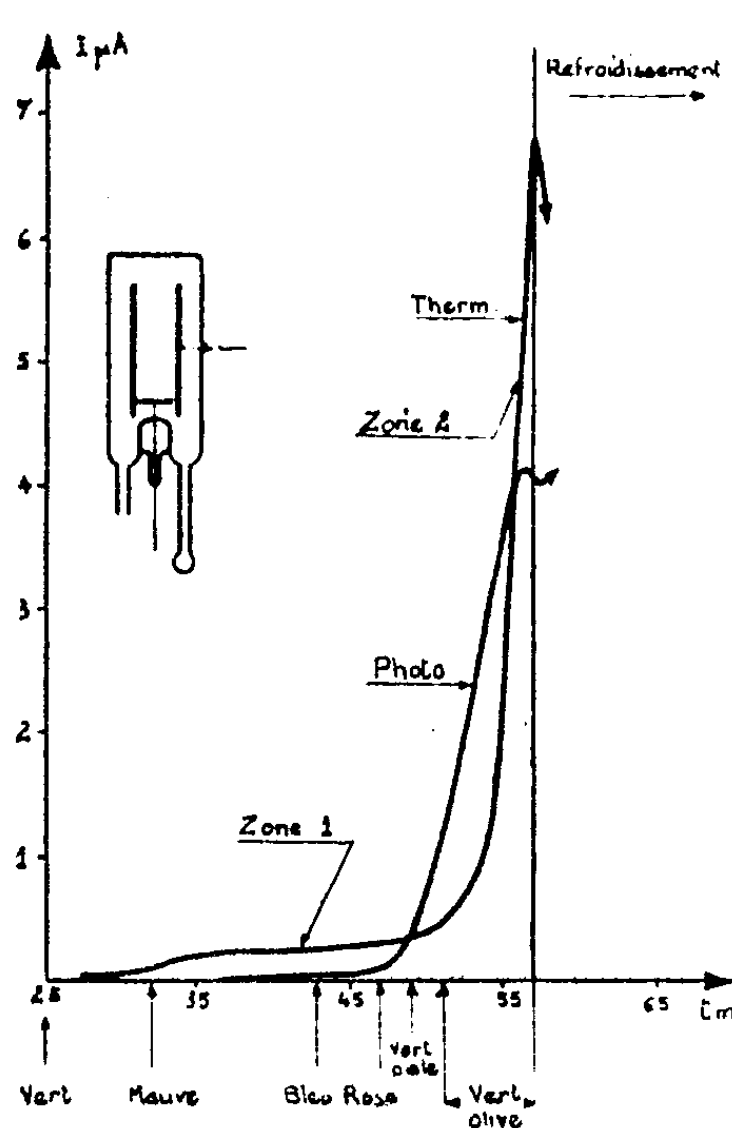


Fig. 1.

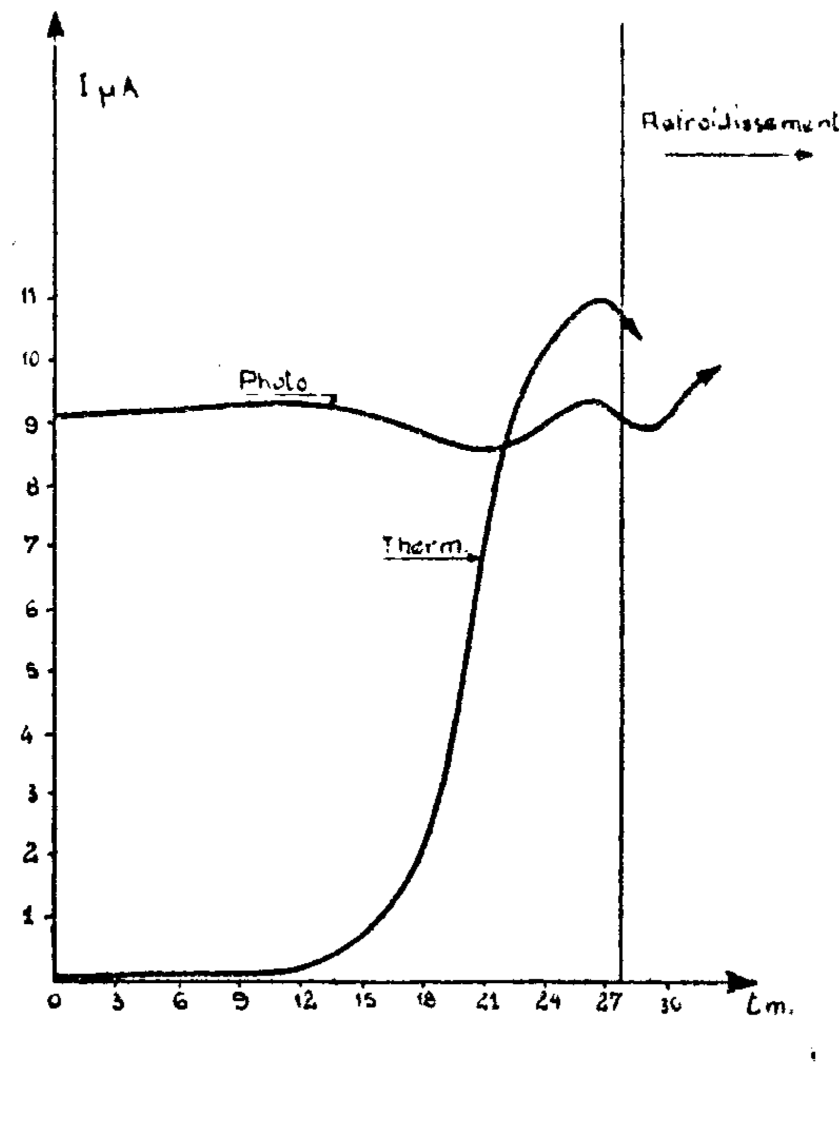


Fig. 2.

Après refroidissement et séparation de l'ampoule à Cs, une deuxième cuisson identique à la première est faite avec lecture des mêmes quantités (*fig.* 2). On arrête l'étuvage quand on a atteint le maximum de l'émission thermique.

On obtient ainsi les résultats suivants :

1° On peut distinguer sur la courbe de croissance de l'émission thermique, deux zones; la première d'allure exponentielle, la deuxième linéaire jusqu'au voisinage du maximum, séparées par une zone de transition.

2° Pour la courbe de croissance de l'émission photoélectrique, on peut seulement affirmer que la première zone est d'allure exponentielle.

3° L'activité photoélectrique ne se manifeste toujours qu'après l'activité thermoélectrique.

4° L'étude des sensibilités globales (en microamp/lumen) en lumière blanche (2870° K.) montre que les conditions optima sont réalisées quand la

durée de l'étuvage à 190°C., pour atteindre le maximum, est d'environ 60 minutes. On peut calculer qu'il passe alors dans la lampe, 2^{mmg} de Cs, dont une fraction est perdue sur l'anode.

5° La sensibilité globale est en moyenne d'autant plus grande que le maximum de l'émission thermique est plus faible.

6° Le rapport de la sensibilité dans le rouge, au-dessus de 8000 Å, à la sensibilité aux longueurs d'onde inférieures à 6000 Å, est d'autant plus grand que le maximum de l'émission thermique est plus faible.

7° La cathode ne présente des variations de teintes que dans la première zone. Elle prend la teinte vert olive définitive dans la zone de transition et la garde jusqu'au maximum (*fig.* 1).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les anneaux de Liesegang, obtenus sous gradient de concentration du réactif incorporé.* Note (¹) de M^lle^ SUZANNE VEIL, présentée par M. Charles Mauguin.

L'étude de la rythmicité de Liesegang, en fonction de la concentration du réactif incorporé, ne saurait, comme l'étude parallèle (²), concernant le réactif-goutte, être entreprise sur préparation unique, tandis que les comparaisons de préparations distinctes demeurent toujours délicates. Des informations sont apportées, cependant, par l'observation métrique de la préparation sous gradient de concentration du réactif incorporé.

Le gradient cherché est réalisé par diffusion préalable, dans la gélatine, d'une solution saturée de $Cr_2O_7K_2$, selon un procédé utilisé notamment par R. Gay (³). L'électrolyte, placé dans une rainure rectiligne de quelques centimètres, creusée dans le gel, diffuse normalement à la rainure, et lorsqu'on juge sa progression suffisante, on débarrasse la préparation et du liquide résiduel et de toutes portions de gel devenues inutiles. Dans la partie centrale du dégradé conservé, on dépose la goutte de NO_3Ag dont la propre diffusion se produit alors, tant sous concentrations croissantes de $Cr_2O_7K_2$ en direction de l'ancienne rainure (région marquée A), que sous concentrations décroissantes de $Cr_2O_7K_2$ en direction opposée (région marquée B) (*fig.* 1).

La figure de précipitation est de dissymétrie notoire. La distribution des anneaux y est précisée par la considération de la loi de succession, antérieurement énoncée (⁴). Ici, la racine carrée des intervalles interannulaires cesse de varier linéairement avec le numéro d'ordre des anneaux. Les graphiques

(¹) Séance du 9 juin 1947.
(²) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2078.
(³) *Revue Soc. Franç. Minéralogie*, 48, 1946, p. 60.
(⁴) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 611.

respectifs (*fig.* 2) signalent, en effet, que les intervalles croissent moins vite en A et plus vite en B que dans les systèmes usuels. En d'autres termes, la

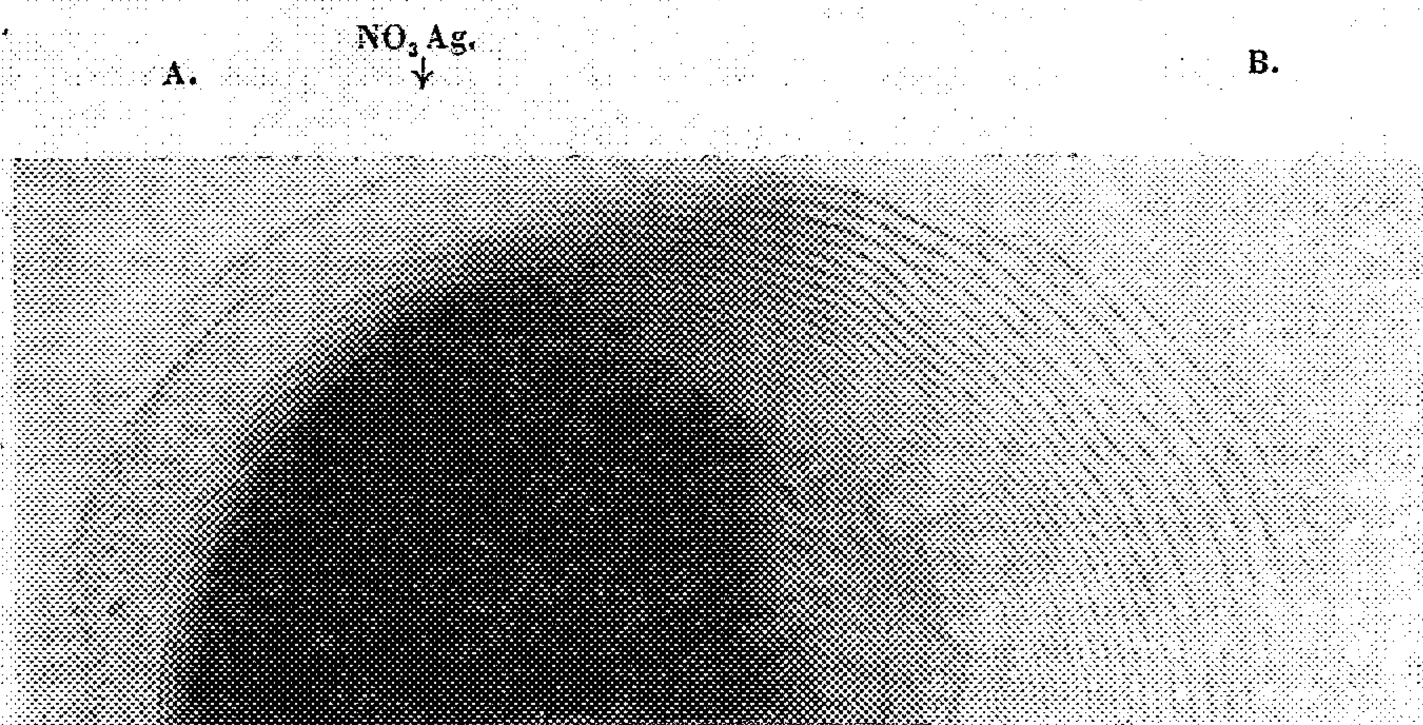


Fig. 1. — Anneaux de Liesegang sous gradient de concentration de $Cr_2O_7K_2$. (Agrand. : × 4.)

dilution du réactif incorporé agit dans le sens d'un desserrement des anneaux, c'est-à-dire du point de vue qualitatif, du moins dans le même sens que la

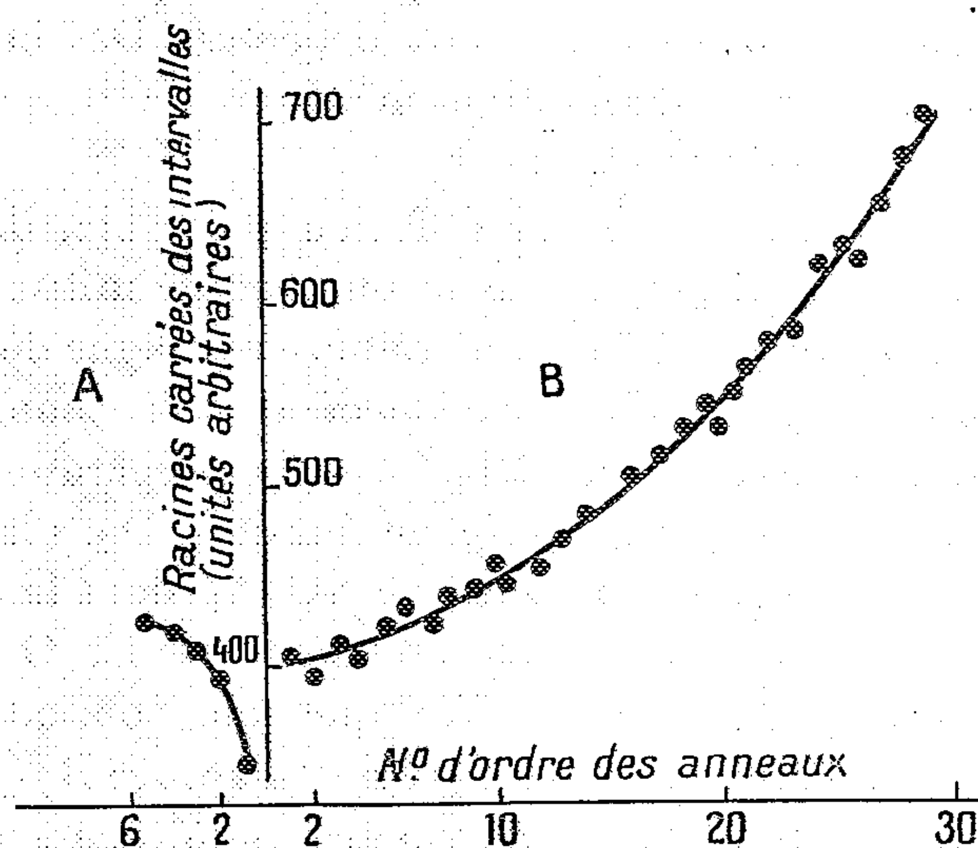


Fig. 2. — Distribution des anneaux de part et d'autre de la goutte.

dilution du réactif-goutte. On notera encore que les rythmicités, autour de la goutte, peuvent s'interpénétrer pour produire des moirés.

En se reportant aux résultats de Burton et Bell ([5]) sur la gélatine soumise à des efforts mécaniques, l'aspect visuel de la présente préparation évoque,

([5]) *J. Phys. Chem.*, 25, 1931, p. 526.

en première approximation, le cas d'un gel d'imprégnation uniforme que l'on aurait, depuis la goutte, étiré vers B et comprimé au contraire vers A. Des discriminations ne seraient possibles qu'à l'aide de mesures.

L'étude métrique des rythmicités se montre donc susceptible, non seulement de déceler les anisotropies mécaniques et chimiques du milieu de réaction, mais encore d'ouvrir des voies à l'interprétation. En biologie, comme en minéralogie, elle aurait l'intérêt de fournir des suggestions quant à l'histoire antérieure des spécimens examinés.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur la structure électronique des phényléthylènes et le pouvoir cancérigène des azoïques.* Note (¹) de M. **Bernard Pullman.**

Dans une Note antérieure (²) nous avons déterminé, en résolvant les équations séculaires établies par Pauling et Sherman (³), les poids des formules des différents degrés d'excitation dans la classe des phénylbenzènes et phényléthylènes. Ces données ont permis à Mme A. Pullmann de construire les diagrammes de répartition des charges de ces composés (⁴).

L'établissement des poids à partir des équations de Pauling et Sherman comportait certaines approximations, visibles dans le tableau ci-dessous. Or dans le cas particulier du styrolène, Penney et Kynch ont déterminé (⁵) les coefficients des différentes formules dans la fonction d'onde totale de la molécule avec une précision dépassant celle de Pauling-Sherman. Le tableau suivant résume ces différents résultats :

Classe de formules.	Nombre.	Poids en % dans l'approximation. Pauling-Sherman.	Penny-Kynch.
Kékuléennes	2	70	67,4
Monoexcitées non conjuguées	2	19	14,9
	1		6,4
Monoconjuguées non excitées	2	11	8,9
	1		1,7
Monoconjuguées monoexcitées et biconjuguées non excitées	5	négligées	0,7
Biconjuguée monoexcitée	1	négligée	négligée

Il nous a paru intéressant de construire à l'aide des poids de Penney-Kynch un nouveau diagramme électronique du styrolène (*fig.* 2) et de le comparer au diagramme antérieur (*fig.* 1).

(¹) Séance du 16 juin 1947.
(²) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1106.
(³) *Journ. of Chem. Phys.*, 1, 1933, p. 679
(⁴) *Annales de Chimie*, 2, 1947, pp. 1-70.
(⁵) *Proc. Roy. Soc.*, A. 164, 1938, p. 409.

Remarquons que l'examen du diagramme déterminé dans l'approximation de Pauling-Sherman permet déjà d'obtenir les renseignements principaux suivants : 1° dans la chaîne latérale, la liaison dite *double* n'est pas complè-

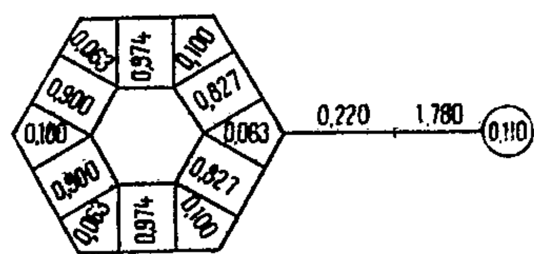


Fig. 1.

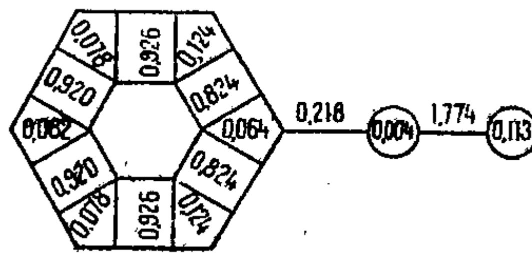


Fig. 2.

tement éthylénique et la liaison dite *simple* comporte, par contre, un certain pourcentage de caractère de double liaison ; 2° les différentes liaisons du noyau ne sont pas équivalentes au point de vue des charges électroniques ; 3° les sommets ortho et para sont plus chargés que les sommets méta.

L'examen du diagramme construit avec les poids plus précis de Penney et Kynch montre que la répartition des charges dans la chaîne latérale subit peu de modifications et que l'ordre dans lequel se classent les liaisons du noyau est conservé. Par contre, une amélioration importante est faite dans la détermination de la quantité de charges concentrées dans les zones de sommets du noyau. Les sommets ortho et para continuent d'être, dans leur ensemble, plus chargés que les sommets méta, mais le nouveau diagramme permet de discerner entre les sommets ortho et para eux-mêmes et de constater une concentration des charges nettement plus forte en ortho. Cette conséquence peut se généraliser dans le cas des autres molécules de cette catégorie pour lesquelles on peut écrire le même genre de formules.

Ce résultat paraît avoir une importance particulière dans l'étude des composés cancérigènes du groupe des azoïques. En effet, en étendant à ces corps la théorie électronique de l'action des hydrocarbures cancérigènes ([6]), nous avons proposé ([7]) de relier l'activité physiopathologique des azoïques à la grandeur de la charge concentrée dans la région médiane $-N=N-$ (région K′). Ce point de vue permettait de comprendre, entre autres, pourquoi seuls avaient une influence notable sur le pouvoir cancérigène les substituants placés en ortho et para de la région K′, sans permettre toutefois de discerner entre ces deux positions. Cependant l'expérience montre que dans ces corps la position ortho est, en général, plus favorable à l'augmentation du pouvoir cancérigène que la position para (p. ex. le paraaminoazobenzène n'est pas cancérigène alors que l'orthoaminoazobenzène l'est légèrement). Les nouveaux résultats permettent d'expliquer ce phénomène en montrant qne la conjugaison de la position ortho avec la chaîne latérale est en fait plus forte que celle de la position para.

([6]) M^me A. Pullman, *Bull. du Cancer*, **32**, 1946, p. 120 ; *Ann. de Chimie*, **2**, 1947, pp. 1-70.
([7]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1051.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés mésofurylés-α de l'anthracène. Anomalies dans la formation d'éthers de quinols.* Note([1]) de MM. André Étienne et Raymond Brisson, présentée par M. Marcel Delépine.

Après les recherches entreprises par l'un de nous ([2]) sur les dérivés méso-thiénylés-α de l'anthracène, nous avons voulu poursuivre l'étude de la relation entre l'aromaticité des hétérocycles et la propriété de l'union labile de l'oxygène au carbone en préparant les dérivés correspondants mésofurylés-α : le difuryl-9.10 anthracène (I) et le phényl-9 furyl-10 anthracène (II).

On pensait obtenir ces deux corps par réduction des quinols formés par action du bromure de furylmagnésium sur l'anthraquinone et une anthrone phénylée. En effet, le magnésien furylique donne avec l'anthraquinone le diquinol attendu, le difuryl-9.10 dihydroxy-9.10 dihydro-9.10 anthracène ($C_{22}H_{16}O_4$) (III), cristaux incolores, F 213°; avec la phényl-9 méthoxy-9 anthrone-10 il donne le phényl-9 furyl-10 méthoxy-9 hydroxy-10 dihydro-9.10 anthracène ($C_{25}H_{20}O_3$) (VI), cristaux incolores, F 66° (avec une molécule d'éther), F 126° (sans solvant). Cependant, à cause de la sensibilité aux acides du noyau furanique, la réduction par les réducteurs généralement utilisés (acide acétique et zinc ou iodure de potassium) ne permet pas d'aboutir aux hydrocarbures cherchés.

Devant l'insuccès de ces méthodes, on a voulu essayer un autre procédé de réduction, en milieu alcalin, employé pour obtenir les dérivés mésoalcoylés de l'anthracène et du benzanthracène, à partir des dérivés méthylés des diquinols ([3]). Ici, la méthode de préparation des dérivés alcoylés des quinols par un alcool et l'acide chlorhydrique a abouti à des résultats inattendus. Avec les alcools méthylique et éthylique dilués dans l'éther et une quantité très faible d'hydracide, on obtient des corps cristallisés jaunes qui ne peuvent être considérés comme les véritables éthers cherchés des quinols. Le diquinol difurylé (III) donne respectivement un dérivé méthylé ($C_{23}H_{18}O_4$) F 144° et un dérivé éthylé ($C_{24}H_{20}O_4$) F 122°. Les compositions centésimales, le nombre des alcoxyles et des hydroxyles (un OR et un H actif) correspondent à ce que l'on trouverait pour les éthers monoalcoylés du diquinol initial. De même avec le monoéther méthylique du diquinol phénylé furylé (VI), on obtient un dérivé méthylé, produit triboluminescent ($C_{25}H_{20}O_3$) F 169° et un dérivé éthylé ($C_{26}H_{22}O_3$) F 136°. Ces corps possèdent encore un alcoxyle, un hydroxyle et leur composition centésimale correspond à celle des deux dérivés monoalcoylés du phényl-9 furyl-10 dihydroxy-9.10 dihydro-9.10 anthracène

---

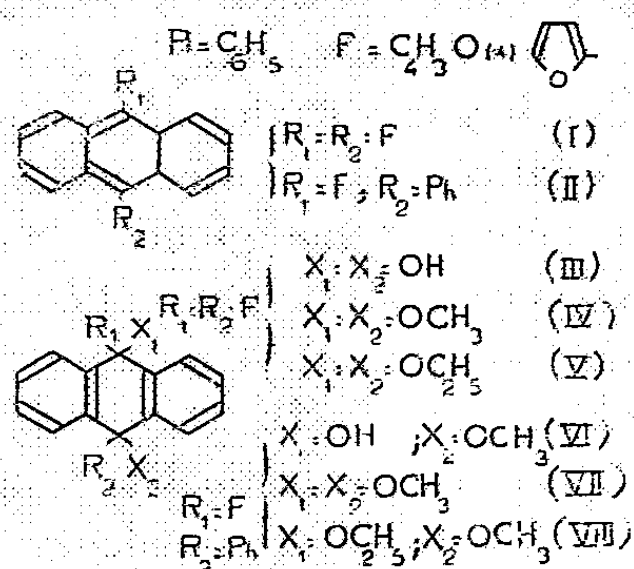
([1]) Séance du 9 juin 1947.

([2]) A. Étienne, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 38.

([3]) W. E. Bachmann et J. M. Chemerda, *J. Am. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 1023.

qui n'a pas été isolé. Il faut remarquer, au passage, que l'alcool éthylique donne lieu à une alcoolyse aboutissant à la substitution du méthoxyle du produit initial par un éthoxyle.

Par contre, les véritables diéthers des diquinols, corps incolores, ont été obtenus par action des iodures d'alcoyles en présence de potasse pulvérisée solide. Ainsi, l'action de ICH_3 et IC_2H_5 sur le diquinol difurylé (III) donne naissance respectivement au difuryl-9.10 diméthoxy-9.10 dihydro-9.10 anthracène ($C_{24}H_{20}O_4$) (IV), F 256°, et au difuryl-9.10 diéthoxy-9.10 dihydro-9.10 anthracène ($C_{26}H_{24}O_4$) (V), F 254°. Le monoéther méthylique du diquinol phénylé furylé (VI) donne, avec ICH_3, deux produits diméthoxylés, F 188° et F 249°, de même formule brute ($C_{26}H_{22}O_3$) que l'on peut considérer comme les isomères *cis* et *trans* du phényl-9 furyl-10 diméthoxy-9.10 dihydro-9.10 anthracène (VII). Par contre, IC_2H_5 ne donne qu'un seul isomère, F 189°, du phényl-9 furyl-10 méthoxy-9 éthoxy-10 dihydro-9.10 anthracène ($C_{27}H_{24}O_3$) (VIII).



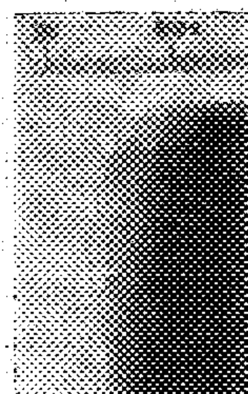


Fig. 1.

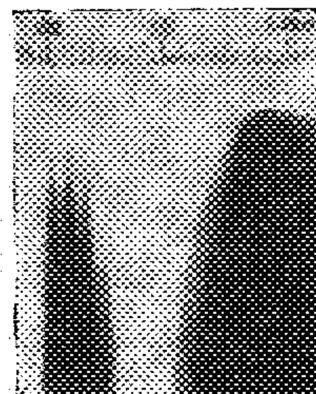


Fig. 3.

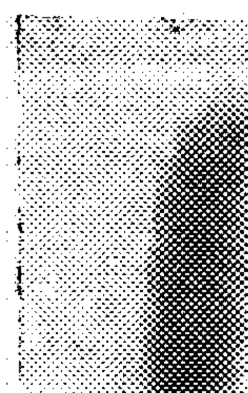


Fig. 2.

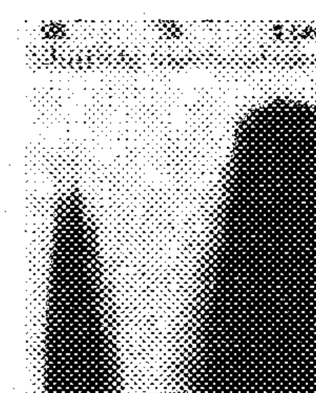


Fig. 4.

Figures de Hartley corrigées : solutions dans l'alcool.
A 0,5 g/l : fig. 1, diquinol difurylé (III); fig. 2, diéther méthylique de ce diquinol (IV).
A 0,25 g/l : fig. 3. Dithiényl-9-10 anthracène; fig. 4, produit d'action de $HCl + CH_3OH$ sur le quinol difurylé.

On se rend compte qu'on a effectivement les diéthers vrais par les spectres d'absorption ultraviolets. En effet, ceux-ci, qui présentent le même faciès, font ressortir l'analogie complète de structure entre les éthers et les quinols eux-mêmes [voir à titre d'exemple, le spectre du diquinol difurylé (III) et de son dérivé diméthoxylé (IV) sur les figures 1 et 2]. Par contre, les spectres des

corps jaunes obtenus par les alcools et l'acide chlorhydrique sont complètement différents. D'après le nombre et la position des bandes, ces spectres sont analogues à ceux de l'anthracène et de ses dérivés mésosubstitués. L'un deux, le dérivé méthylé du diquinol difurylé, a été comparé au mésodithiénylanthracène (*fig.* 3 et 4). L'action des alcools en présence d'acide chlorhydrique sur les quinols dihydroanthracéniques aboutit donc à une structure anthracénique en même temps qu'il se fait une monoéthérification. Sans préjuger du mécanisme possible de cette réaction, qui est à l'étude, il semble bien qu'il y ait ici un changement complet dans la structure du cycle furanique. Rien de semblable n'a été observé avec les dérivés du thiophène; le furane ne se comporte pas ici comme son isologue sulfuré, probablement à cause du caractère diénique plus marqué de ses doubles liaisons.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouveaux dérivés du coumarane.* Note (¹) de MM. **Georges Chatelus** et **Paul Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une précédente Note (²) l'un de nous a étudié le comportement du chromane (I) vis-à-vis de la réaction de Friedel-Crafts. Dans le présent travail nous avons entrepris une étude parallèle sur le coumarane (II), dans le but de comparer la stabilité et la réactivité de ces deux composés hétérocycliques. Disons tout de suite que le coumarane est plus stable et un peu plus actif que le chromane; par conséquent la réaction de Friedel, qui n'a d'ailleurs été que très peu étudiée dans ce domaine, puisqu'on ne connaît que le benzoyl-5 coumarane, se fait avec d'excellents rendements dans tous les cas et ne donne qu'un dérivé cétonique de structure univoque.

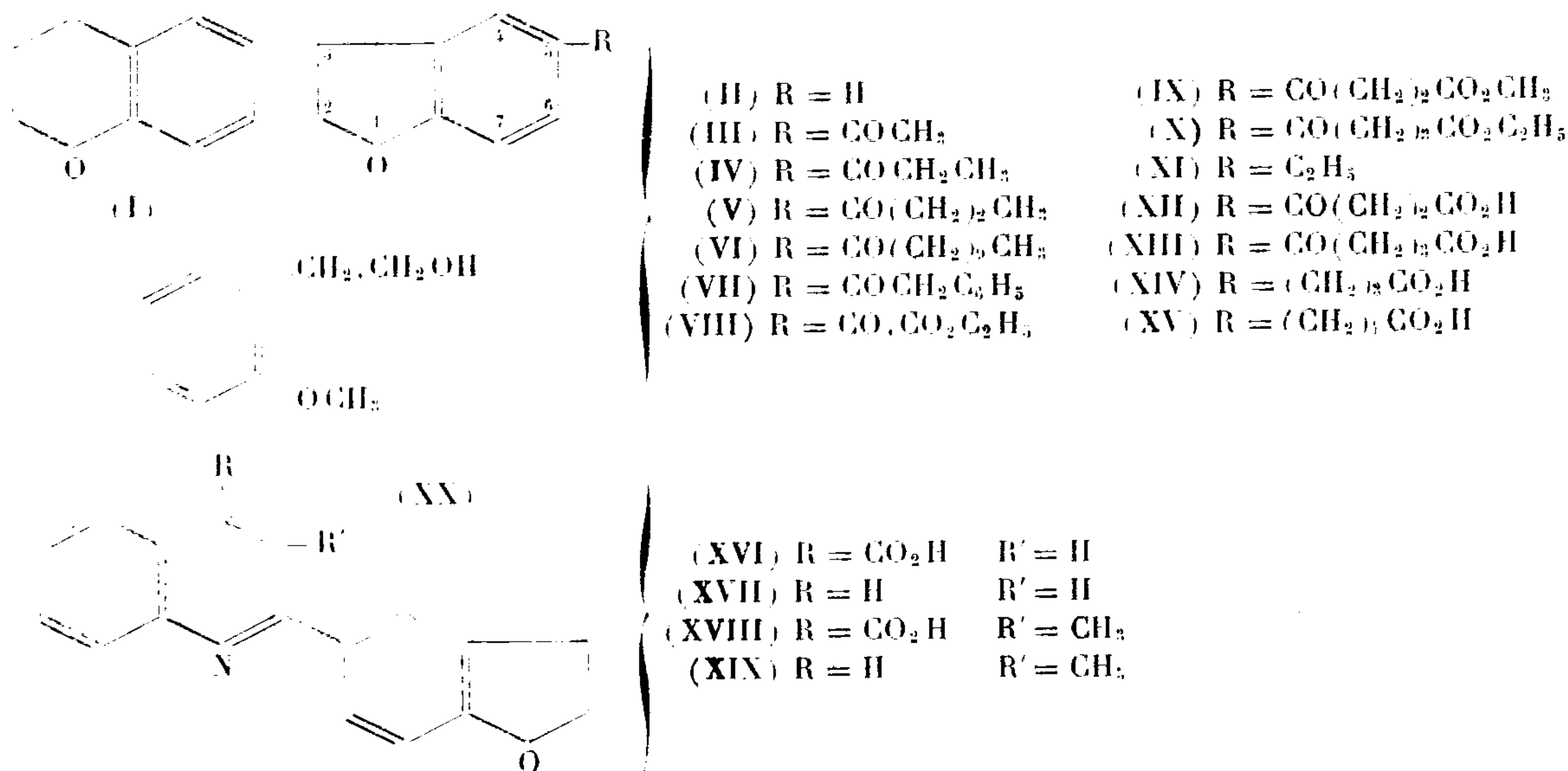
Nous avons ainsi préparé par condensation avec les chlorures d'acides suivants: acétique, propionique, butyrique, undécylique et phénylacétique, les alcoyl-5 coumaranyl-cétones (III), (IV), (V), (VI) et le phénacétyl-5 coumarane (VII). De même avec les chlorures des mono-esters oxalique, succinique et glutarique nous avons obtenu les esters 5-coumaranoyl-carboxylique (VIII), β-5-coumaranoyl-propionique (IX) et γ-5-coumaranoyl-butyrique (X), facilement saponifiés en les acides correspondants.

Nous avons réduit, selon Clemmensen, la cétone (III) en éthyl-5-coumarane (XI) ainsi que les acides (XII) et (XIII) en acides γ-5-coumaranyl-butyrique (XIV) et δ-5-coumaranyl-valérique (XV), dont les chlorures traités

(¹) Séance du 16 juin 1947.

(²) G. Chatelus, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 201.

par Cl_3Al en milieu sulfocarbonique ne nous ont donné que des produits résineux et non les cétones cycliques désirées.



Nous avons étudié la réaction de Pfitzinger dans la série des alcoyl-5 coumaranyl-cétones, laquelle, avec l'isatine, se fait bien avec la méthyl-5 et l'éthyl-5, mais s'arrête à la *n*-propyl-5, contrairement à ce que l'un de nous ([3]) a obtenu précédemment. Toutefois, un résultat analogue a été obtenu par nous ([4]) avec les alcoyl-6 chromanyl-cétones. Avec (III), nous obtenons l'acide coumaranyl-(5'-2) cinchoninique (XVI) et avec (IV), l'acide méthyl-3 coumaranyl-(5'-2) cinchoninique (XVIII), tous deux facilement décarboxylés respectivement en coumaranyl-(5'-2) quinoléine (XVII) et méthyl-3 coumaranyl-(5'-2) quinoléine (XIX). Nous poursuivons ces recherches dans le domaine de l'homochromane.

Partie expérimentale ([5]). — Coumarane (II) C_8H_8O, $É_{14}$ 76°, d_4^{20} 1,083, n_D^{20} 1,5495, picrate F 76°. Nous préparons ce composé de la façon suivante : l'alcool *o*-méthoxy-phényléthylique, bien connu (XX), $É_{14}$ 133-135°, d_4^{20} 1,095, n_D^{20} 1,5388, 30 g, est chauffé à reflux avec BrH en solution acétique. Après refroidissement, on reprend par le benzène, on lave à l'eau et l'on traite le produit brut en solution benzénique (bromure de l'alcool *o*-hyroxy-phényléthylique) selon Stœrmer et Kohlert ([6]), rendement d'environ 76 %. III. $C_{10}H_{10}O_2$, $É_{22}$ 168°, F 62°. Semicarbazone $C_{11}H_{13}O_2N_3$, $F_{inst.}$ 233° (alcool). IV. $C_{11}H_{12}O_2$, $É_{22}$ 174°, F 59°, aiguilles incolores (éther de pétrole). Semicarbazone $C_{12}H_{15}O_2N_3$, F_{inst} 239°. V. $C_{12}H_{14}O_2$, $É_{22}$ 182°, F 39°, fines aiguilles incolores. Semicarbazone $C_{13}H_{17}O_2N_3$,

(3) Buu Hoï et P. Cagniant, *Bull. Soc. Chim.*, 1946, p. 135.
(4) G. Chatelus et P. Cagniant (à publier).
(5) Voir *Thèse* G. Chatelus, à paraître en fin d'année.
(6) *Ber. deut. chem. Ges.*, 34, 1901, p. 1810.

$F_{inst.}$ 212°. VI. $C_{19}H_{28}O_2$ $É_{24}$ 260°, F 40°,5 (éther de pétrole). VII. $C_{16}H_{14}O_2$, $É_{23}$ 252°, F 95°, fines paillettes (alcool). VIII. $C_{12}H_{14}O_4$, $É_{17}$ 207°, huile jaune, acide correspondant $C_{10}H_8O_4$, F 142°. IX. $C_{13}H_{14}O_4$, $É_{22}$ 231°, F 62°, aiguilles incolores (éther de pétrole). X. $C_{15}H_{18}O_4$, $É_{22}$ 249-250°, F 54° (éther de pétrole). XI. $C_{10}H_{12}O$, $É_{24}$ 118°,5, d_4^{20} 1,020, n_D^{20} 1,5290, odeur aromatique rappelant celle de l'éthyl-6 chromane (¹). XII. $C_{12}H_{12}O_4$, F 141° (benzène). XIII. $C_{13}H_{14}O_4$, F 132-132°,5 (benzène ou alcool). Semicarbazone $C_{14}H_{17}O_4N_3$, $F_{inst.}$ 227-228° (peu soluble dans l'alcool chaud). XIV. $C_{12}H_{14}O_3$, $É_{15}$ 220°, F 87°, amide correspondant $C_{12}H_{15}O_2N$, F 135° (alcool). XV. $C_{13}H_{16}O_3$, $É_{16}$ 240°, F 99°. XVI. $C_{18}H_{13}O_3N$, $F_{inst.}$ 173° (déc.), cristaux jaune clair (acide acétique). XVII. $C_{17}H_{13}ON$, F 126-127°, cristaux incolores (alcool), picrate, F 187° cristaux jaunes (benzène). XVIII. $C_{19}H_{15}O_3N$, $F_{inst.}$ 320° (déc.). XIX. $C_{18}H_{15}ON$, F 113°, cristaux incolores (alcool), picrate, $F_{inst.}$ 218°, cristaux jaune orangé (benzène).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation par le* Ni *Raney des acides cinnamique et p-hydroxycinnamique*. Note (¹) de MM. **Pierre Mastagli** et **Maurice Métayer**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours d'une étude que nous effectuons à l'heure actuelle, nous avons été amenés à préciser les conditions d'hydrogénation sous pression, des acides cinnamique et *p*-hydroxycinnamique au moyen du Ni Raney, en acides cyclohexyl et *p*-hydroxycyclohexylpropioniques.

Le β-phényl-propionate de phényle a déjà été hydrogéné en phase liquide au moyen du Ni Raney, à haute pression, avec un rendement de 48 % en acide (²).

L'ester éthylique de l'acide *p*-hydroxycinnamique a été traité de même à 175-200° (³).

L'acide cinnamique et l'acide *p*-hydroxycinnamique se sont comportés de manière identique; à froid, la double liaison est saturée très rapidement, puis, en élevant la température jusqu'à 290°, on ne remarque aucune absorption visible. Il faut libérer l'acide, le remettre en solution et ajouter du Ni frais; l'absorption d'hydrogène commence alors à 240-250° et l'on obtient le dérivé cyclanique correspondant.

Nous avons pensé qu'il existait des impuretés qui empoisonnaient le catalyseur. Pour confirmer ce fait, nous avons dissous 65g d'acide *p*-hydroxycinnamique dans 40g de soude avec 500cm³ d'eau; nous avons chauffé une heure à l'ébullition avec du Ni Raney, puis nous l'avons mis dans l'autoclave sous pression d'hydrogène et porté à 130° pendant une heure; nous avons alors remis 10g de Ni Raney neuf et élevé la température. Le seuil d'hydrogénation qui, dans les autres expériences, était toujours au-dessus de 250°, s'est abaissé à 210°; malgré cela, l'hydrogénation est lente et il faut attendre une heure et demie pour avoir une saturation complète du noyau.

(¹) Séance du 16 juin 1947.

(²) R. Mac Clellan et Ralph Connor, *J. Am. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 484.

(³) E. Bowden et H. Adkins, *J. Am. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 2422.

Nous avons remarqué un deuxième fait très curieux : les sels de sodium des acides précités, sortant de l'autoclave, traités par CH_3COOH, SO_4H_2, NO_3H, ClH donnaient à partir de pH = 10, un précipité; celui-ci s'est révélé être le sel de Na des acides correspondants : dihydrocinnamique, *p*-hydroxycinnamique, β-cyclohexyl-propionique. β-(4-hydroxy-cyclohexyl) propionique. Nous n'avons pu hydrolyser ces sels, pour avoir les acides correspondants, qu'au moyen des acides SO_4H_2, HCl, NO_3H concentrés, à l'ébullition. En ce cas, l'acide libéré, s'il est solide, précipite par refroidissement; s'il est liquide, il surnage. Ce cas de *raidissement* de la molécule portée à haute température avec du Ni Raney n'avait pas été signalé à notre connaissance.

Les meilleures conditions opératoires que nous ayons trouvées sont les suivantes :

Corps traités.	Corps obtenus.	Poids de substance.	Ni.	Pression d'hydrogène (atm.).	Température.	Poids obtenu
Cinnamate de Na.	β-cyclohexylpropionate de Na..............	100^{g}	16^{g}	112	240°	94^{g}
p-hydroxycinnamate de Na.	β-(4'-hydroxycyclohexyl) propionate de Na....	65^{g}	24	95	215	62^{g}

L'acide cyclohexyl β-propionique trouvé a des constantes identiques à celles de la littérature : F 16°; $É_{20}$ 156°; n_D^{16} 1,4710.

Nous avons préparé son chlorure par action du chlorure de thionyle, avec un rendement de 96 %. $É_{35}$ 124-126°; $É_{17}$ 108°.

Nous avons fait toute une série d'amides substituées dont voici les constantes.

	F.		F.
Anilide...........	97,5-98°	*p*-toluidide...........	107°
o-toluidide........	119	Cyclohexylamide......	109
m-toluidide.......	119		

Nous avons préparé quelques esters aromatiques et cyclaniques par action des alcools correspondants sur le chlorure d'acide, dans le chloroforme et en présence de pyridine.

Cyclohexyl-β-propionate de	phényle............	$É_{31}$ 195°	n_D^{15} 1,5030
»	benzyle.............	$É_{23}$ 207°-209°	n_D^{16} 1,5125
»	phényléthyle........	$É_{30}$ 203°-204°	n_D^{15} 1,5155
»	phénylpropyle.......	$É_{26}$ 223°-225°	n_D^{16} 1,5120
»	cyclohexanyle........	$É_{26}$ 188°	n_D^{22} 1,4760
»	cyclohexyl-β-éthyle...	$É_{27}$ 211°	n_D^{25} 1,4770
»	méthyl-4 cyclohexyle.	$É_{27}$ 195°-	$n_D^{24,5}$ 1,4703

Son ester bromophénacylé fond à 95°.

L'acide 4-hydroxy-cyclohexyl-β propionique est dédoublable en deux

isomères par cristallisation dans l'acétone; l'un, solide, fond à 127°,

Analyse { C cal. 62,79; tr. 62,4
{ H » 9,3; » 9,15

son dérivé bromophénacylé fond à 137°,5, l'autre est liquide. Nous espérons revenir prochainement sur ce sujet.

MICROPALÉONTOLOGIE. — Calciodinellum *nov. gen., premier représentant d'une famille nouvelle de Dinoflagellés fossiles à thèque calcaire.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

On ne connaît actuellement aucun Dinoflagellé vivant dont la thèque cellulosique soit imprégnée de matière minérale. Plusieurs genres de Dinoflagellés, uniquement fossiles, que j'ai réunis dans la famille des *Lithoperidinidæ* [Deflandre 1945 ([1])] ont une thèque soit entièrement siliceuse, soit silico-organique.

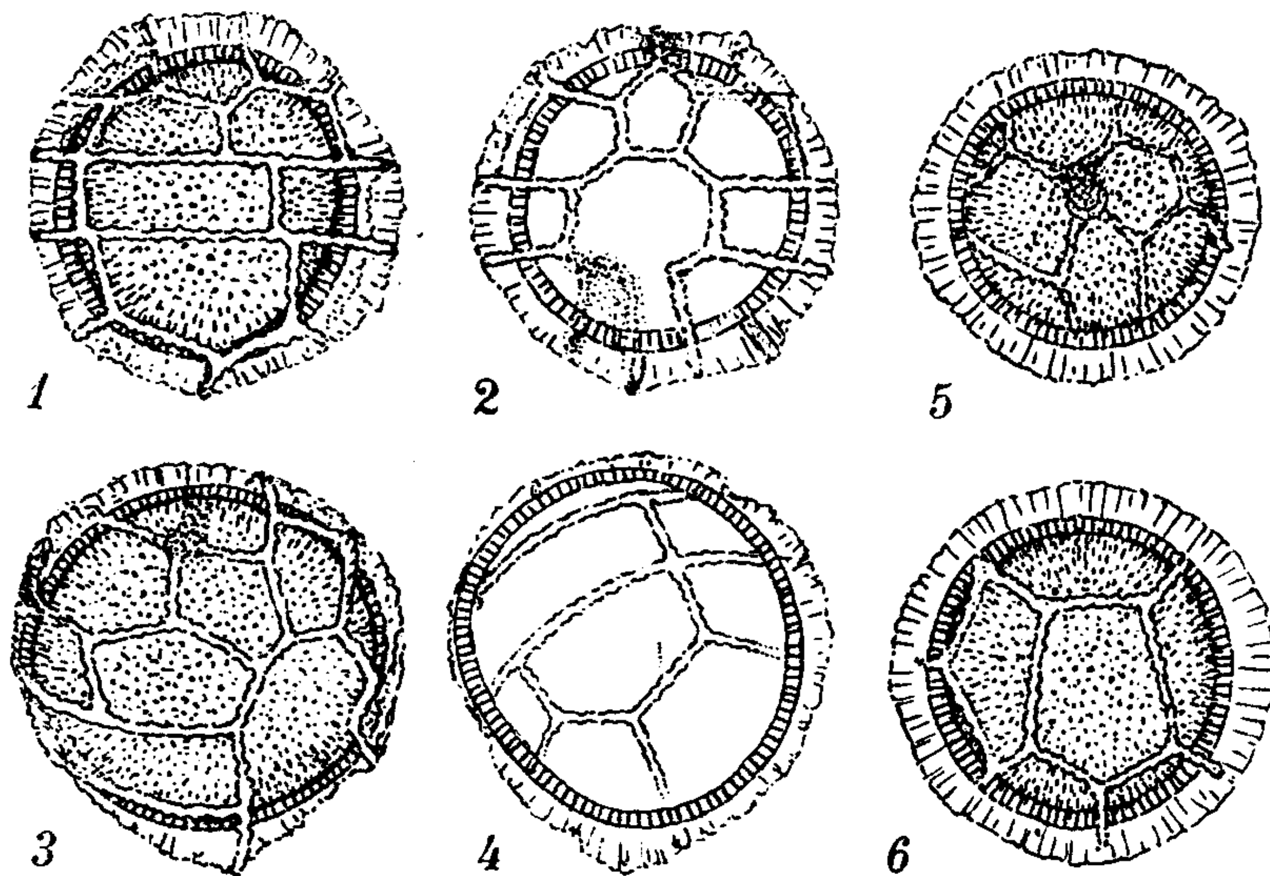


Fig. 1 à 6. — Dinoflagellés calcaires sahéliens : *Calciodinellum operosum* n. g. n. sp. 1 et 2 holotype; 1, vue dorsale; 2, vue ventrale (partie gauche de l'hypothèque de structure indécise); 3 et 4 paratype; 3, face supérieure en vue apicale oblique; 4, face inférieure, vue par transparence; 5 et 6 paratype: 5, vue apicale; 6, vue antapicale. Marnes d'El Medhi, Oranie. Grossissement 1000 sauf figure 6, gross. 1140.

Les marnes et les silex ménilites intercalés dans les diatomites du Sahélien d'El Medhi (Oranie) m'ont fourni plusieurs spécimens d'un nouveau type de Dinoflagellé à thèque calcaire, *Calciodinellum operosum* n. g. n. sp., pour lequel je crée la famille des *Calciodinellidæ* ([2]). *Calciodinellum operosum* (*fig.* 1

([1]) *Dinoflagellés* II, *Fich. micropal.*, 5e série (*Arch. origin. Serv. Docum. C. N. R. S.*, n° 235, 1945).

([2]) *Calciodinellidæ* fam. nov. (*Calciodinellaceæ*, nomenclature botanique). Dinoflagellés à thèque calcaire finement et irrégulièrement perforée, avec ou sans sillons apparents, divisée en plaques ou champs par des crêtes saillantes.

à 6) possède une thèque sensiblement sphérique, de 22 à 29 μ, finement et irrégulièrement perforée. Les sillons et les plaques sont délimités par des crêtes striées, à bord irrégulier. Le sillon transversal est subcirculaire, à peine hélicoïdal (lévogyre); le sillon longitudinal n'intéresse que l'hypothèque. La tabulation n'a pu être encore établie avec certitude, malgré l'excellent état de conservation de la majorité des individus. Cela tient à la composition même de la thèque, qui, dans les conditions de l'observation (spécimens montés en milieu résineux ou inclus dans l'opale de silex), engendre la formation d'images microscopiques dépourvues de finesse. Provisoirement, on retiendra la tabulation suivante : épithèque, $4'$, 6 ou $7''$, o (?) ou 1-$3a$; hypothèque, $5'''$, $2''''$; sillon transversal, $5s$.

Dans l'ensemble, cette tabulation est analogue à celle de divers *Peridinium* actuels, ainsi qu'à celle des *Peridinites* fossiles, à thèque siliceuse, comme, par exemple, *Peridinites* (*Lithoperidinium*) *rossicus* Defl. ([3]). On pourrait donc supposer que *Calciodinellum* est un Dinoflagellé calcifié secondairement au cours de sa fossilisation. Mais les conditions de gisement rendent, d'abord, une telle calcification tout à fait inconcevable, aussi bien dans les marnes que dans les silex ménilites : 1° tous les nombreux autres microfossiles calcaires (Foraminifères, Coccolithophoridés, Discoastéridés, etc.) sont des organismes originellement constitués de calcite ou d'aragonite; 2° les microfossiles siliceux (spicules de Spongiaires surtout) ont conservé dans les marnes leur opale initiale, tandis que les Diatomées, dans les silex ménilites, ont été fossilisées de manières diverses ([4]) *sans être jamais calcifiées*; 3° aucun autre micro-organisme non minéralisé originellement n'a été trouvé jusqu'ici. D'autre part, la structure même de *Calciodinellum* me paraît incompatible avec un phénomène d'épigénisation par de la calcite, phénomène qui, comme je l'ai constaté sur des microfossiles primaires, secondaires et tertiaires, tend régulièrement à l'effacement des fins détails structuraux. Enfin, d'autres microfossiles des mêmes couches, que je décrirai ultérieurement, quoique différents de *Calciodinellum*, présentent avec ce genre une telle analogie de structure que je serai amené à les classer auprès de lui.

D'un point de vue général, la découverte de Dinoflagellés *calcaires* montre que les potentialités évolutives considérables de ce groupe, sont encore plus grandes qu'on ne le pensait. Souche hypothétique des Radiolaires, le groupe des Dinoflagellés peut maintenant être considéré également comme la souche hypothétique de Protistes calcaires, par exemple de certains Foraminifères, ce grand ensemble qui s'avère aujourd'hui polyphylétique.

([3]) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 245.
([4]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 319.

MYCOLOGIE. — *Torulose expérimentale*. Note [1] de MM. GABRIEL SEGRETAIN et ÉDOUARD DROUHET, présentée par M. Joseph Magrou.

La méningite humaine à *Torulopsis* est une maladie rare et les souches isolées de différents cas ne semblent pas toujours posséder le même pouvoir pathogène. Aussi, ayant reçu de M. Mollaret un échantillon de liquide céphalo-rachidien prélevé chez une malade atteinte d'une méningite attribuée à ce parasite, avons-nous jugé intéressant de procéder dans ce cas à l'étude expérimentale de la maladie.

L'examen des caractères du champignon nous a permis de confirmer le diagnostic clinique et d'identifier le parasite à *Torulopsis histolytica* (Stoddard et Cutler) = *Torulopsis neoformans* (Sanfelice) : colonies jaunâtres sur gélose Sabouraud, cellules rondes bourgeonnantes à membrane très épaisse, pas de filamentation, pas de formation d'asques, pas de formation de gaz en milieux liquides sucrés.

Chez la Souris, l'inoculation par voies intrapéritonéale, intraveineuse et intracérébrale, soit avec du liquide céphalo-rachidien, soit avec une suspension de culture, a amené la mort des animaux dans un délai compris entre le 6e et le 21e jour après l'inoculation. La voie sous-cutanée a conduit à des résultats inconstants. Chez le Cobaye, l'inoculation intrapéritonéale d'une suspension de culture a provoqué la mort après 45 jours. Le Lapin n'a pas répondu à l'inoculation intraveineuse.

La maladie expérimentale se caractérise toujours par un amaigrissement progressif suivi de cachexie, accompagné, chez la Souris, d'un état de somnolence et, chez le Cobaye, de paralysie du train postérieur puis de convulsions tonico-cloniques *prae morte*.

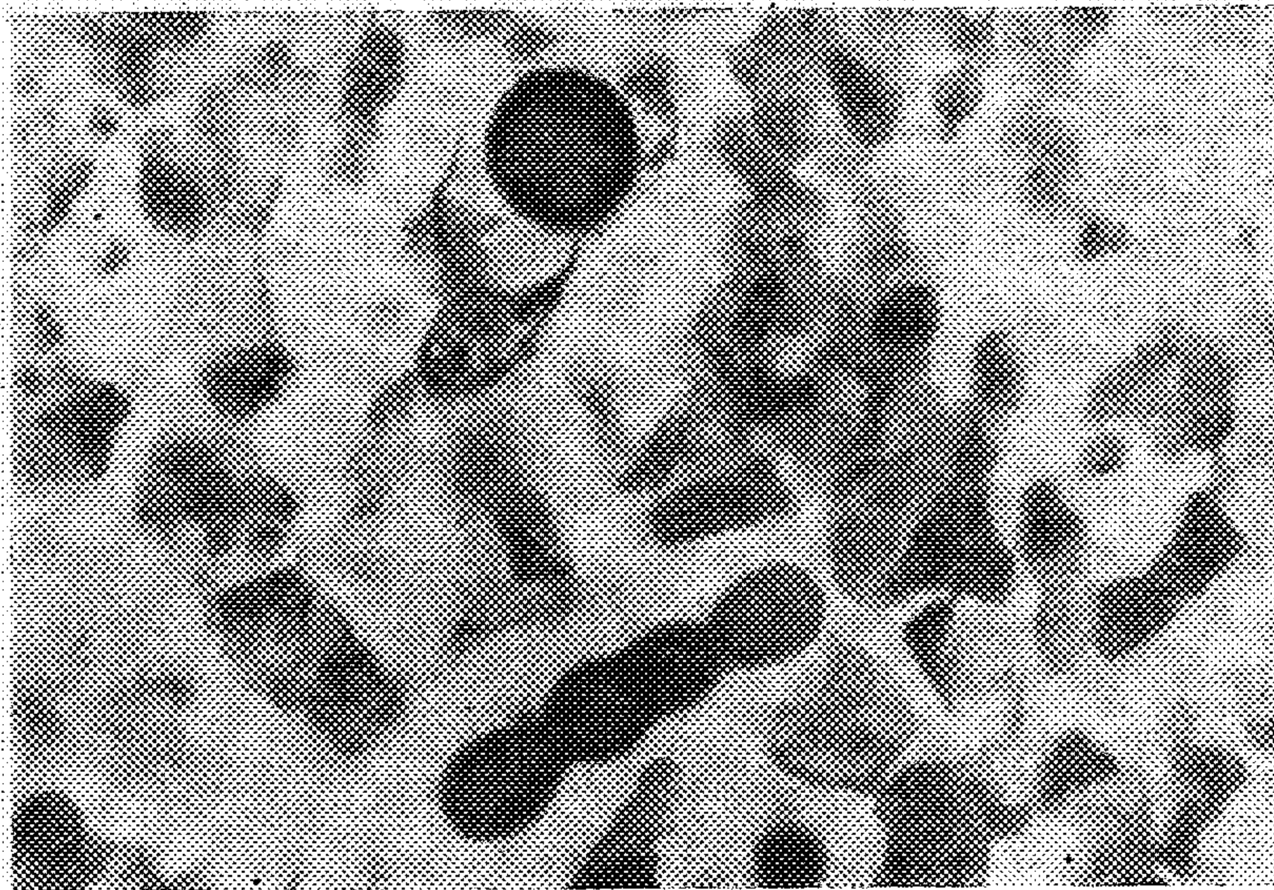
On constate chez la Souris une généralisation de la maladie : poumons et foie très atteints, quelques lésions dans la rate et le cerveau, reins presque indemnes de parasites. Alors qu'à l'autopsie, les organes du Cobaye paraissaient à peu près sains, la localisation presque exclusive des *Torulopsis* au système nerveux central s'est montrée évidente à l'étude histopathologique : lésions particulièrement importantes dans la substance grise du cerveau.

Sur coupes des différents organes, les lésions sont de trois types principaux : 1° parasites disséminés dans tout l'organe, qui est très altéré et infiltré de leucocytes (poumons de souris); 2° pas de réaction cellulaire, *Torulopsis* plus ou moins nombreux dans des lésions discrètes où ils produisent une fonte lacunaire du tissu de l'organe (cerveau de Souris et certaines lésions du foie de cet animal); 3° abcès contenant des parasites, quelques polynucléaires, de nombreux mononucléaires et des débris cellulaires avec, dans les lésions, lyse intense, remanie-

(1) Séance du 16 juin 1947.

ments cellulaires et quelques cas de phagocytose des *Torulopsis* (cerveau de cobaye et certaines lésions du foie de Souris).

Dans les lésions, les parasites sont de forme ronde, de grosseur très variable, et sont entourés d'une membrane très épaisse autour de laquelle se développe une zone lytique d'autant plus large que le parasite est plus gros. On trouve quelques formes bourgeonnantes et parfois, dans le cerveau du Cobaye, des éléments moniliformes (*figure*).



Torulopsis dans une lésion du cerveau de cobaye : forme ronde et élément moniliforme du parasite; réaction cellulaire de l'hôte. (× 1000.)

Comment le parasite se propage-t-il dans les différents organes de l'animal infecté? La voie sanguine est certaine : en effet toutes les hémocultures ont été positives chez la Souris et, chez le Cobaye, en cas d'hémoculture négative, on trouve dans le cerveau des lésions périvasculaires typiques. Après inoculation intrapéritonéale, l'épiploon et le mésentère sont envahis par les parasites et l'on a pu trouver un foyer à *Torulopsis* dans un ganglion; l'infection par voie lymphatique semble donc probable, comme le pense M. Bablet ([2]). Enfin il est possible de conclure à une transmission par contiguïté, envisagée par Longmire et Goodwin ([3]), en particulier dans le cerveau du Cobaye, où les lésions parasitaires, nombreuses à la périphérie de l'organe, se relient sans solution de continuité avec les méninges infectées.

([2]) *Arch. Inst. Pasteur Indochine*, n° 11, 1930, p. 33.
([3]) *Bull. J. Hopkins Hosp.*, 64, 1939, pp. 22-32.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la sensibilité des divers tissus d'un organisme à l'action d'un cancérigène.* Note de M. **Philippe Joyet-Lavergne**, présentée par M. Maurice Caullery.

On a pu constater, dans les recherches sur la glande salivaire de la larve de Chironome [1], que la sensibilité d'un organisme à l'action des cancérigènes dépend, pour un tissu déterminé, de l'individu traité. Les recherches ci-dessous ont pour objet de mettre en évidence les différences qui peuvent exister, chez le même individu, entre les divers tissus.

On prélève, sur l'organisme étudié, des fragments microscopiques de divers tissus vivants. Chaque fragment est divisé en deux parties égales. L'une de ces parties est placée dans une goutte de solution Ringer, l'autre dans une goutte de solution Ringer contenant 1/10000 de benzopyrène. Après un séjour de trente minutes, chaque goutte reçoit la même quantité du même leucodérivé; on recouvre chaque préparation d'une lamelle et l'on étudie la transformation du leucodérivé ayant pénétré dans les cellules. La réoxydation du réactif permet de comparer le pouvoir d'oxydation du tissu normal à celui du tissu dont les cellules ont absorbé des traces de cancérigène.

Sur un crapaud mâle, les trois catégories de tissus, étudiées avec le leucodérivé du bleu de crésyl, donnent les résultats ci-dessous : Le benzopyrène n'a aucune action sur le tissu musculaire strié ni sur le tissu nerveux; il diminue le pouvoir oxydant du tissu intestinal. Sur un crapaud femelle, étudié avec le leucodérivé du bleu de méthylène, le benzopyrène n'a aucune action sur le tissu musculaire strié et sur le tissu hépatique, mais il diminue le pouvoir oxydant des cellules intestinales.

Étude des Crabes par les leucodérivés.

		Tissus		
		musculaire.	branchial.	Intestin.
♂ nº 4	bleu de crésyl	o	—	o
♂ 7	phénosafranine	o	o	o
♂ 8	rouge neutre	o	+	o
♂ 9	bleu de crésyl	—	o	—
♀ 10	rouge neutre	o	—	—
♀ 11	bleu de crésyl	o	o	—
♀ 12	rouge neutre	o	o	—

Étude des Escargots par les leucodérivés.

	Tissu musculaire.	Intestin.		Tissu musculaire.	Intestin.
Nº 10 rouge neutre	—	—	Nº 12 rouge neutre	—	o
11 bleu de crésyl	o	o	13 bleu de crésyl	—	—

(1) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 494.

Le benzopyrène, à faibles doses, est capable de diminuer le pouvoir oxydant intracellulaire dans les tissus animaux divers. Il les place alors, au point de vue de la respiration, dans la situation des tissus cancéreux. En tenant compte des résultats déjà obtenus dans l'étude de la glande salivaire de Chironome ([1]), on peut dégager de l'ensemble des recherches la conclusion suivante : *l'action du benzopyrène sur la diminution du pouvoir oxydant des cellules est variable suivant les individus et, chez le même individu, suivant les tissus*. Certains tissus sont très peu sensibles, c'est le cas des muscles striés; d'autres, au contraire, cellules glandulaires, tissus épithéliaux, sont sensibles à l'action du benzopyrène. Ces différences de sensibilité doivent être rapprochées de celles de même nature que l'on constate dans le pouvoir cancérigène du benzopyrène, soit vis-à-vis des individus, soit vis-à-vis des tissus d'un même organisme. Le parallélisme du comportement du benzopyrène, dans son action sur le pouvoir oxydant, d'une part, et dans son action cancérigène, d'autre part, apporte une confirmation à la conception formulée antérieurement ([2]) *sur les liens intimes qui relient le pouvoir cancérigène d'un agent à la qualité que possède cet agent de diminuer le pouvoir d'oxydation intracellulaire et, par suite, la respiration de la cellule vivante*.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Superfécondité expérimentale chez la Brebis.* Note ([1]) de MM. **Charles Thibault** et **Martial Laplaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

On sait que l'injection d'hormone gonadotrope déclenche chez les femelles des Mammifères, et en particulier chez la Brebis, la maturation et la ponte d'un nombre d'ovocytes plus élevé que dans les cycles normaux (*superovulation*).

Il en résulte que la proportion des naissances multiples se trouve augmentée; aussi divers auteurs ont-ils tenté d'utiliser cette méthode en Zootechnie. Malheureusement on a constaté qu'un certain nombre de mères devenaient stériles à la suite du traitement. Cependant l'application d'une telle méthode présenterait en France un intérêt économique tellement évident qu'il nous a paru intéressant de reprendre l'étude de cette question.

Nous avons utilisé un troupeau de parcage, constitué par des brebis de races Bizet, Noire de Bains et des demi-sang Boukhara, et un troupeau de plein air de moutons solognots. Au cours de ce travail, nous avons voulu préciser quel était le jour du cycle œstrien où l'injection d'hormone gonadotrope produisait les meilleurs résultats, et cela suivant le type écologique : parcage ou plein air.

Le tableau suivant résume quelques-unes des valeurs que nous avons obtenues :

([2]) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 514.

([1]) Séance du 2 juin 1947.

TROUPEAU DE PARCAGE.

	Nombre de brebis.	Brebis pleines.	(%).	Nombre de naissances.	Agneau par mère.	Pour le total.	Agneaux vivants après un mois.	Agneaux vivants par mère.	Agneaux vivants pour le total.
Piqûre au 13e jour du cycle œstrien (500 à 800 U. S.).									
Expérience	8	6	75	10	1,66	1,25	8	1,33	1,00
Témoin	24	20	84	25	1,25	1,04	23	1,15	0,96
Différence en faveur des bêtes traitées.	–	–	−9	–	+0,41	+0,21	–	+0,18	+0,04
Piqûre au 14e jour.									
Expérience	14	12	86	29	2,42	2,10	18	1,50	1,30
Témoin	30	26	87	41	1,57	1,36	32	1,23	1,07
Différence en faveur des bêtes traitées.	–	–	−1		+0,85	+0,74	–	+0,27	+0,23
Piqûre au 15e jour.									
Expérience	5	1	20	1	1,00	0,20	1	1,00	0,20
Témoin	30	26	87	41	1,57	1,36	32	1,23	1,07
Différence en faveur des bêtes traitées.	–	–	−67	–	−0,57	−1,16	–	−0,23	−0,87

TROUPEAU DE PLEIN AIR.

	Nombre de brebis.	Brebis pleines.	(%).	Nombre de naissances.	Agneau par mère.	Pour le total.	Agneaux vivants après un mois.	Agneaux vivants par mère.	Agneaux vivants pour le total.
Piqûre au 14e jour.									
Expérience	10	8	80	14	1,75	1,40	7	0,90	0,70
Témoin	32	21	65	29	1,40	0,90	21	1,00	0,05
Différence en faveur des bêtes traitées.	–	–	+15	–	+0,35	+0,50	–	−0,10	+0,65
Piqûre au 15e jour.									
Expérience	4	3	75	3	1,00	0,75	3	1,00	0,75
Témoin	32	21	65	29	1,40	0,90	21	1,00	0,65
Différence en faveur des bêtes traitées.	–	–	+10	–	−0,40	−0,15	–	0,00	+0,10

Remarque. — Le nombre élevé de bètes non gestantes tient à l'utilisation d'antenaises assez jeunes dans le troupeau de parcage et dans le troupeau de plein air. Dans ce dernier troupeau, la rigueur de l'hiver et du premier printemps est également responsable de la très forte mortalité des agneaux et, en particulier, des agneaux d'expérience, ceux-ci étant nés les premiers, alors que les mères étaient totalement dépourvues de lait.

De ces premiers résultats, on peut tirer les conclusions suivantes : *l'injection d'hormone gonadotrope augmente considérablement le nombre des naissances, quand elle est pratiquée au* 14e jour du cycle œstrien (+ 0,85 et + 0,50 agneau par mère); pratiqué à cette date, ce traitement n'a pas d'effet stérilisant. Au 13e jour, son effet est encore favorable, mais un plus grand nombre de femelles ne sont pas gravides. Au 15e jour, son action est nettement nuisible (— 0,57 et — 0,40 agneau et jusqu'à 80 % de bêtes stériles). Ces résultats

permettent donc d'expliquer une partie des cas de stérilité signalés par divers auteurs russes; en effet, ceux-ci pratiquent généralement l'injection indifféremment au 13ᵉ, au 14ᵉ ou au 15ᵉ jour, et nos résultats montrent combien l'injection pratiquée au 15ᵉ jour du cycle a un effet néfaste, en particulier sur les animaux de parcage. La mortalité est assez forte chez les jumeaux et surtout chez les triplets et les quadruplets, où elle peut atteindre 50 %, ce qui diminue sensiblement le bénéfice du traitement; cependant dans le cas du Boukhara, ce bénéfice reste certain, les peaux des agneaux mort-nés ou morts quelques jours après la naissance étant utilisables.

GÉNÉTIQUE. — *Variation de la fréquence du gène* ebony *dans une population stationnaire de Drosophiles*. Note de M. **Georges Teissier**, présentée par M. Charles Pérez.

Des expériences portant sur le comportement du gène *sepia* ont mis en évidence des variations étendues de la fréquence d'équilibre de ce gène dans des populations stationnaires conservées dans des conditions constantes ([1]). Des faits analogues s'observent pour le gène *ebony*.

A. Une première série d'expériences a opposé le gène *e* à son allèle normal $+_e$ dans une population où les autres gènes étaient apparemment normaux.

Dans une population, dont les deux premières années d'existence ont déjà été décrites ([2]), la fréquence de *e* a décru pendant vingt mois, puis s'est stabilisée aux environs de 0,145. Au vingt-huitième mois, la population a été divisée en quatre populations secondaires identiques. La population I n'a pas présenté de changements sensibles pendant quatre mois, la fréquence moyenne de *e* entre le vingtième et le trente-deuxième mois étant de 0,143, puis a diminué brusquement, se fixant pendant sept mois au voisinage de 0,110. Dans la population II, la fréquence de *e* a diminué pendant quatre mois, puis est restée voisine de 0,078 pendant sept mois. Dans la population III, la fréquence est restée voisine de 0,145 jusqu'à la fin accidentelle de l'expérience au quarante-troisième mois, ce qui représente au total une période de stabilité supérieure à deux ans, c'est-à-dire à la durée de soixante générations. Dans la population IV, la fréquence a commencé par diminuer pour se stabiliser, entre le trentième et le quarante-troisième mois, aux environs de 0,082.

Trois autres populations, indépendantes des précédentes et indépendantes l'une de l'autre, ont également fourni des équilibres de longue durée. L'une a oscillé pendant un an et demi autour de 0,10; la deuxième s'est stabilisée pendant près de deux ans aux environs de 0,158; dans la troisième enfin, où

---

(1) G. Teissier, *Comptes rendus*, 224, 1947, pp. 676-677.
(2) Ph. L'Héritier et G. Teissier, *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, pp. 882-884.

le gène *e* avait été introduit accidentellement, la fréquence est restée pendant plus d'un an et demi voisine de 0,066.

Il apparaît ainsi que, pour le gène *e* comme pour le gène *se*, il peut exister un état d'équilibre entre la fréquence du gène mutant et celle de son allèle du type sauvage, que cet équilibre peut se maintenir pendant un laps de temps correspondant à la succession de plusieurs dizaines de générations, mais que le niveau de cet équilibre peut varier de plus du simple au double d'une population à l'autre et peut aussi, dans une même population, être rompu pour faire place à un équilibre tout différent.

B. Le gène *e* a été opposé à un allèle normal dans une population, homozygote pour le gène *vestigial*, en introduisant des drosophiles $vg\,e/vg\,e$ dans une population $vg+_e/vg+_e$. La fréquence de *e* s'est élevée très rapidement et s'est stabilisée pendant plus d'un an aux environs de 0,36, valeur plus de deux fois plus élevée que la plus haute qui ait été rencontrée dans les populations précédemment étudiées.

C. Des expériences du même type ont été réalisées en opposant *e* à $+_e$ dans une population homozygote pour se^{42}. Deux populations complémentaires (I) et (II) composée, l'une (I) de $se^{42}+_e/se^{42}+_e$ contaminées par quelques $se^{42}e/se^{42}e$, l'autre (II) de $se^{42}e/se^{42}e$ contaminées par quelques $se^{42}+_e/se^{42}+_e$ ont été suivies parallèlement pendant plus d'un an.

Dans la population (I) le gène *e* progresse assez rapidement pour que, en une quinzaine de générations, il arrive à occuper plus du quart des loci disponibles. La progression du gène $+_e$ dans la population (II) est si rapide à son début qu'il ne faut guère plus de cinq ou six générations pour que la moitié des loci disponibles soit occupée. Mais, à mesure que les fréquences q_1 et q_2 du gène *e* en (I) et (II) se rapprochent l'une de l'autre, l'évolution des deux populations se ralentit et devient, en même temps, plus irrégulière. Après une période de plusieurs mois, pendant laquelle l'écart des deux fréquences ne présente plus de variation systématique q_1 restant voisin de 0,30 et q_2 voisin de 0,40, les deux populations complémentaires se rapprochent à nouveau. Au bout d'un an les deux fréquences ne différaient plus de façon appréciable et semblaient devoir se maintenir l'une et l'autre au voisinage de 0,28. Un accident mit malheureusement fin à l'expérience deux mois plus tard.

Les faits rapportés ci-dessus plaident en faveur de l'hypothèse, précédemment énoncée, que les variations spontanées de la fréquence d'équilibre d'un gène au sein d'une population stationnaire sont la conséquence d'une modification des valeurs sélectives relatives des génotypes en présence, imputable à d'autres systèmes d'allèles que celui sur lequel porte l'observation. L'étude du comportement des populations renfermant simultanément les deux systèmes d'allèles se^{42}, $+_{se}$ et e, $+_e$, apporte, comme je le montrerai prochainement, d'autres arguments en faveur de cette opinion.

PATHOLOGIE. — *Le déterminisme de la réaction inflammatoire dans les plaies aseptiques. Rôle principal des hématies.* Note de MM. **Pierre Brocq** et **Théodore Stéphanopoli**, présentée par M. Charles Laubry.

Dans l'étude des plaies post-opératoires, le syndrome de la réaction inflammatoire, qui toujours se produit au niveau du traumatisme avec ses traits essentiels de rougeur et de chaleur, sans caractère infectieux, est manifestement en rapport avec l'étendue des phénomènes de vaso-dilatation, et en dernière analyse, avec l'intensité du métabolisme cellulaire. Il ressort de nombreuses observations, et notamment des recherches de Leriche sur *les conditions de la cicatrisation en milieu aseptique*, que ni le plasma sanguin, ni les leucocytes ne sont susceptibles d'activer ce métabolisme autant que le sang total, c'est-à-dire que le sang enrichi de globules rouges.

Un apport de globules rouges sur une plaie atone, par exemple, active effectivement le métabolisme cellulaire dans les tissus altérés, favorise le rétablissement de la circulation sanguine par la régénération des capillaires et détermine rapidement une reprise ou une accélération des processus de cicatrisation. L'expérience nous montre que cette action stimulante des Hématies sur la réparation des tissus cellulaires tient essentiellement à un fait de *phagocytose :* ces globules sanguins s'avèrent les éléments nourriciers par excellence des *phagocytes* dont ils provoquent l'accroissement et la multiplication. L'activité métabolique se communique d'une manière pertinente à l'ensemble des cellules du système réticulo-histiocytaire.

Les sécrétions diastasiques des Macrophages et autres grandes cellules des foyers de prolifération se renouvellent et s'intensifient en conséquence de la digestion des globules; ceux-ci subissent une désintégration fermentaire qui est bientôt totale et qui constitue une importante source d'énergie. Il s'agit, en l'espèce, d'une véritable fermentation, où les corps hématiques servent d'approvisionnement par les constituants de grande valeur nutritive, ternaires ou quaternaires, qu'ils viennent répandre. La fonction fermentaire des cellules en voie de croissance s'affirme positivement, suivant le principe établi par Warburg; elle s'exerce avec une puissance nouvelle et l'emporte sur la fonction respiratoire, qui, d'ailleurs, est fugace ou s'arrête.

L'équilibre acidobasique du milieu se modifie, passe d'une alcalinité plus ou moins élevée à une acidité franche. Le pH *diminue, ainsi, et tend à revenir à la normale*, non sans atteindre un seuil beaucoup plus bas, souvent, en rendant compte de la *disparition de toute flore microbienne*.

Il importe de dégager le sens physiologique d'un tel fait. *Dans la mesure où la concentration ionique du milieu croît, et où inversement, la réserve d'oxygène diminue*, sous l'espèce d'écran formé par le caillot sanguin, *nous observons la plus active multiplication de Macrophages, de Monocytes, d'Histiocytes et de Fibroblastes*. Simultanément la réaction inflammatoire éclate et s'intensifie.

C'est pour ainsi dire à l'abri de l'air que se développe la phagocytose des globules rouges, tous visiblement voués à servir d'aliments ou de matériaux de réserve pour les fermentations les plus créatrices d'énergie. Le rôle de transporteur d'oxygène, qui est classiquement la fonction fondamentale des Hématies, devient, en l'occurence, tout à fait secondaire. La fonction nutritive se confirme et prime.

Au niveau des tissus en voie de réparation, les synthèses cellulaires postulent une production anormale d'énergie et, pour cela exigent essentiellement l'apport de *substances de réserve* qui seront susceptibles de dégager de la chaleur par leur décomposition, selon la formule de Pasteur. La puissance du métabolisme sera donc en rapport avec *l'emmagasinement* d'une certaine quantité de ces corps fermentescibles que Claude Bernard voyait s'accumuler, en effet, tel que le glycogène, dans le voisinage des organes qui s'accroissent ou qui se régénèrent. En l'absence de glucides sur place, c'est au sang circulant qu'est dévolue la fonction de pourvoir le milieu en substances énergétiques.

Les Hématies remplissent éminemment le rôle de *réserves*, comme nous en avons la preuve sur le vivant par l'incitation des cellules souches ou prolifératives à la phagocytose. Dans les plaies cutanées, cette réelle *incitation à la phagocytose* s'observe clairement de la part des globules rouges même soumis à la dessiccation, soit à basse température, soit à la température du corps, dans des conditions qui conservent leurs principes biologiques ([1]).

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Physique générale, par l'organe de M. Cotton, remplaçant le Doyen empêché, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Paul Langevin*.

En première ligne...............	M. Gustave Ribaud.
En seconde ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*............	MM. Pierre Auger. Louis Leprince-Ringuet. René Lucas. Marcel Pauthenier. Francis Perrin.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance publique.

La séance est levée à 16h30m. L. B.

([1]) *Académie de Chirurgie*, séance du 3 juin 1945; *Académie de Médecine*, séance du 10 juin 1947.

ERRATA.

(Séance du 3 mars 1947.)

Note de MM. *Jean-Jacques Trillat* et *Charles Legrand,* Sur une application de la Radiographie électronique à la détection des couches minces organiques ou minérales :

Page 645, ligne 12, *au lieu de* l'un de nous, *lire* MM. Adrien Saulnier et Jean-Jacques Trillat.

(Séance du 12 mai 1947.)

Note de M. *Roger Heim,* Les Marasmes arborescents du Cameroun :

Page 1320, dernière ligne, *au lieu de* Synpodiæ, *lire* Sympodiæ.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 JUIN 1947.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Frederick John Marrian Stratton**, Correspondant de l'Académie, Directeur de l'Observatoire et Professeur d'Astronomie à l'Université de Cambridge, Secrétaire général du Conseil international des Unions scientifiques, **Dontcho Kostoff**, Membre de l'Académie des Sciences de Sofia, **Georges de Rham**, Professeur aux Universités de Lausanne et Genève, **Hans Freudenthal**, Professeur à l'Université d'Utrecht, qui assistent à la séance.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La coordination en Chimie biologique.* Note de M. **Jacques Duclaux**.

Le mouvement brownien des particules en suspension dans un liquide est régi par une formule due à Einstein. Le raisonnement qui conduit à cette formule est en apparence tout à fait général et ne comporte aucune hypothèse sur la constitution des particules.

Cependant des organismes vivants, tels que des protozoaires, se meuvent avec une vitesse des milliers de fois supérieure à celle que donne la formule. Cette vitesse redevient normale dès qu'ils sont morts, sans qu'ils aient changé de grosseur ni de forme.

C'est donc qu'il y a, dans le raisonnement d'Einstein, une hypothèse qui est satisfaite par un organisme mort, mais non par un organisme vivant. Cette hypothèse est que les réactions mutuelles de la particule et du liquide, ici les chocs moléculaires, sont entièrement incoordonnées. C'est seulement à cette condition que les règles du calcul des probabilités sont applicables.

Ce qui distingue l'organisme vivant de l'organisme mort, c'est qu'il peut coordonner ces réactions en les groupant. Il est constitué de telle manière qu'il a la faculté de synchroniser les mouvements d'un certain nombre des édifices moléculaires qui le constituent, de manière à les faire agir sur le milieu extérieur toutes ensemble et dans le même sens. Ce pouvoir de coordination est inséparable de la vie.

Il a sa plus haute expression dans le système neuro-musculaire des animaux supérieurs. La partie essentielle de ce système est, à ce point de vue, l'organe nerveux qui est chargé de la commande, la fibre musculaire étant l'organe d'exécution. Sans coordination, le muscle serait à moitié contracté, et son extrémité libre n'exécuterait que des oscillations browniennes infiniment petites.

Le mécanisme nerveux ne peut être qu'électronique, car la vitesse de propagation de l'influx nerveux est incompatible avec le transport d'unités matérielles telles que les atomes ou les ions. L'excitation à une extrémité de la fibre y produit une modification du diagramme électronique, modification qui se transporte très rapidement comme une sorte de vague jusqu'à l'autre extrémité. Bien qu'on puisse concevoir une telle modification sautant en quelque sorte d'une molécule à la molécule voisine, il est certainement plus naturel d'admettre que le filament nerveux est constitué d'un bout à l'autre par une seule molécule chimique; on explique ainsi en même temps la grande difficulté de réparation de ce filament lorsqu'il a été coupé. Le développement actuel de l'idée de macromolécule (Staudinger) prépare à la conception de molécules ayant une longueur de l'ordre du mètre, permettant la coordination entre des points très éloignés.

Comme le montre l'exemple du mouvement, l'effet de la coordination est une augmentation d'efficacité, puisque sans elle nous serions soumis aux lois browniennes et pratiquement immobiles. On peut se demander si dans les autres cas où l'on constate une augmentation d'efficacité de la matière vivante par rapport à la matière morte, elle peut s'expliquer aussi par une coordination.

Elle semble difficile à réaliser dans un système formé uniquement de molécules de petite taille isolées. On ne voit pas qu'il soit possible de les faire agir ensemble; les lois physicochimiques, qui régissent ces systèmes, et qui sont vérifiées par l'expérience, reposent essentiellement sur l'indépendance mutuelle des molécules. Mais cette indépendance peut très bien ne plus exister dans un système macromoléculaire. Il est très concevable qu'une excitation produite à une extrémité d'une molécule se propage jusqu'à l'autre extrémité; si elle rencontre en chemin plusieurs groupes chimiques semblables, ils seront tous influencés de la même manière et agiront au même moment dans le même sens.

On connaît l'hypothèse du démon de Maxwell qui, en fermant à propos un orifice entre deux capacités remplies de gaz, établit à volonté entre ces deux capacités une différence de température ou de pression contraire aux lois de probabilité. Ce démon est inconcevable dans un système formé de petites molécules; il ne l'est plus si l'on admet une coordination. Il n'est alors pas plus surprenant de voir un orifice se fermer devant une molécule, qu'il ne l'est de voir un huissier fermer une porte devant un visiteur indésirable. En toutes choses nous sommes soumis à la logique, si loin qu'elle nous mène. Si l'on admet que la vie est une succession de phénomènes physicochimiques, il faut

bien admettre aussi que les manifestations les plus complexes de la vie peuvent aussi se produire sous une forme rudimentaire dans des systèmes physico-chimiques beaucoup plus simples. Sinon, on ne pourrait échapper à la conclusion que la vie apparaît de manière discontinue à un certain degré de complexité, et il faudrait renoncer à en chercher l'explication dans des systèmes plus simples.

La coordination permet de produire des effets improbables, tels par exemple que l'ascension d'une montagne. Bien entendu, elle ne permet pas d'échapper aux lois de la thermodynamique. Tout passage d'un état probable à un état improbable, dans une partie d'un système, doit être compensé par un passage inverse dans une autre partie. Le principe général qui permet cette compensation est le couplage; sous quelques formes simples, il est bien connu des biochimistes.

Je dois me limiter ici à ces quelques considérations très générales. Il reste à régler une question de langage. La base de la coordination est d'après ce qui précède la transmission d'une perturbation électronique; elle joue le même rôle que la transmission moléculaire ou atomique qui se propage le long d'un cordeau détonant tendu pour synchroniser des explosions, en vue d'en augmenter l'efficacité. Tout assemblage capable d'une telle transmission électronique peut, par analogie, être décrit comme possédant un système nerveux. La transmission est intramoléculaire et joue un rôle d'autant plus important que la molécule est plus longue et renferme plus de groupes chimiques analogues. Il est naturel de supposer qu'elle commence à agir dans les molécules protéiques qui satisfont à ces conditions. On peut se demander en particulier si la coordination n'est pas la base de l'action des enzymes. On pourrait expliquer ainsi l'augmentation considérable d'activité des enzymes par rapport à celle des groupements isolés qui les constituent. Cette augmentation est paradoxale puisque les enzymes, ayant un poids moléculaire élevé, ont un déplacement brownien bien plus faible que les molécules ordinaires et peuvent par rapport à elles être considérés comme paralytiques. Il est par exemple inconcevable, s'il n'y a pas de coordination, que l'amylase puisse hydrolyser aussi rapidement l'amidon, puisque le nombre des rencontres entre leurs molécules est très faible en raison de la lenteur de leurs mouvements.

On peut se demander aussi si la coordination ne peut pas rendre compte de l'anomalie de l'assimilation chlorophyllienne dans laquelle on voit, contrairement aux règles photochimiques, la quantité du rayonnement remplacer la qualité. On est ainsi conduit à expliquer un grand nombre de phénomènes vitaux par la présence d'un système nerveux rudimentaire. Cette conclusion peut surprendre, mais nous y sommes conduits par une voie logique. Ici encore, réserver aux êtres vivants la notion de système nerveux serait établir entre eux et la matière morte une distinction que nous repoussons à priori.

De toute manière, il apparaît clairement aujourd'hui que la Chimie biolo-

gique fondée sur des formules ordinaires de réaction, moléculaires ou ioniques, n'est pas la véritable Chimie biologique, celle-ci étant électronique; avec cette conséquence que le monde mort est ce qu'on pourrait appeler « brownien », le monde vivant étant « non-brownien ». C'est donc par l'étude des perturbations électroniques que la Chimie biologique entrera dans sa voie véritable. Déjà les chimistes ont montré le chemin en étudiant la mésomérie. Les difficultés qu'ils rencontrent déjà dans des cas très simples font prévoir celles que présentera l'étude des cas complexes qu'offre la vie. Mais une fois que la voie sera nettement définie, le succès final ne fait pas de doute.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la répartition des produits d'un ensemble de fécondations avec croisements libres.* Note ([1]) de M. **Robert Esnault-Pelterie.**

Repartons du système ([2])

$$(\text{IV})\quad \begin{cases} (18) & x = \tau^2, \\ (18') & h = 2\tau(1-\tau), \\ (18'') & y = (1-\tau)^2, \end{cases}$$

qui a été établi *pour le cas d'une égale probabilité de toutes les unions possibles.*

Comme je l'ai remarqué, cette égale probabilité est fort improbable, de telle manière que le résultat d'un ensemble de fécondations en parallèle n'aura pas la répartition ci-dessus, mais

$$(\text{V})\quad \begin{cases} (19) & x_1 = \dfrac{(1+\alpha)\tau^2}{D}, \\ (19') & h_1 = \dfrac{2(1+\gamma)\tau(1-\tau)}{D}, \\ (19'') & y_1 = \dfrac{(1+\beta)(1-\tau)^2}{D}. \end{cases}$$

Si nous voulons que x_1, h_1, y_1 représentent encore les *proportions* des deux homozygotes et des hybrides par rapport à l'ensemble des produits, le dénominateur commun aura pour valeur

$$(20)\qquad D = (1+\alpha)\tau^2 + 2(1+\gamma)\tau(1-\tau) + (1+\beta)(1-\tau)^2.$$

Les coefficients α, β, γ peuvent être appelés *coefficients biogénétiques*; chacun d'eux représente une hyperaffinité ou une hypoaffinité de l'union à laquelle il est afférent et sera ainsi positif ou négatif suivant le cas. Ces coefficients pourront se déterminer par numération avant et après une série de fécondations en parallèle ([3]).

([1]) Séance du 23 juin 1947.

([2]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1462.

([3]) Dans le cas exceptionnel de caractères bioactifs et simultanément liés au sexe, on pourrait distinguer le nombre des *AB* de celui des *BA*; cela ne changerait qu'une partie des écritures, mais pas le calcul ni son résultat.

Remarque. — On ne changerait rien au résultat en divisant chacun des termes de chacune des fractions (19-19′-19″) par $(1+\alpha)$; cela reviendrait, *en écritures*, à égaler α à zéro, les autres coefficients prenant d'autres valeurs adéquates. Il en irait de même de $(1+\beta)$ et $(1+\gamma)$. J'examinerai d'abord la forme générale.

Supposons que, dans des conditions ambiantes déterminées, chacune des affinités demeure constante; cela se traduira par la constance des coefficients α, β, γ *à conditions ambiantes constantes.*

Nous référant au système V, nous voyons que l'ensemble des gamètes produits va contenir une proportion de gamètes A égale à

$$x_1+\frac{h_1}{2}=\frac{(1+\alpha)\tau^2+(1+\gamma)\tau(1-\tau)}{D}, \tag{21}$$

qui représentera le taux de ces gamètes *après* la série de fécondations en parallèle; nous aurons donc

$$\tau_1=\frac{(\alpha-\gamma)\tau^2+(1+\gamma)\tau}{D}, \tag{22}$$

qui va engendrer une nouvelle distribution selon V, où τ sera remplacé par τ_1, et ainsi de suite.

Avant d'aller plus loin, nous poserons

$$a=2\gamma-\alpha-\beta, \qquad b=\alpha+2\beta-3\gamma, \qquad c=\gamma-\beta. \tag{23}$$

La différence

$$\tau_1-\tau=\Delta\tau, \tag{24}$$

aura ainsi pour expression

$$\Delta\tau=\frac{\tau(a\tau^2+b\tau+c)}{[(\alpha-\gamma)\tau+(1+\gamma)]-(a\tau^2+b\tau+c)}, \tag{25}$$

comme nous avons supposé cette différence très petite, nous pouvons la confondre avec la différentielle de τ par rapport au temps t compté en générations. Si nous posons à nouveau

$$X=a\tau^2+b\tau+c, \tag{26}$$

nous aurons

$$dt=(\alpha-\gamma)\frac{d\tau}{X}+(1+\gamma)\frac{d\tau}{\tau X}-\frac{d\tau}{\tau}. \tag{27}$$

Cette expression est facilement intégrable, mais sa forme même dépend du signe de la quantité

$$b^2-4ac=(\alpha+2\beta-3\gamma)^2-4(\gamma-\beta)^2+(\alpha-\gamma)(\gamma-\beta); \tag{28}$$

une discussion générale est donc impossible, mais on obtient des indications intéressantes par l'examen de cas particuliers :

Cas I : $\alpha\neq 0$; $\beta=0$; $\gamma=\alpha$, *mais pour un seul sexe* A *ou* A.

C'est le second cas de la Note précédente; on aboutit à

$$t = \frac{2}{\alpha}[\operatorname{arg\,th}(1 - 2\tau_0) - \operatorname{arg\,th}(1 - 2\tau)] + \operatorname{Ln}\frac{1-\tau_0}{1-\tau}; \tag{29}$$

la courbe représentative de cette fonction est visible sur la figure 3, où l'on a pris, comme précédemment, $\alpha = 0{,}001$ et $t_0 = 0{,}001$.

L'allure générale de l'évolution est la même que celle qui avait été trouvée; le début en est plus rapide, l'élimination totale est reportée à l'infini. Pour un taux de 0,999, la durée est du même ordre que celle qui avait été trouvée pour l'élimination totale.

Ce cas comporte une expression réciproque remarquable :

$$\tau_t = \frac{(1+\alpha)^t}{(\tau_0^{-1} - 1) + (1+\alpha)^t}. \tag{29'}$$

Cas II : $\alpha \neq 0$; $\beta = \gamma = 0$: *prépondérance ou déficience des unions* A*A seules*.

C'est le premier cas de la Note précédente; on aboutit à

$$t = \frac{1}{\alpha}\left[\operatorname{Ln}\frac{\tau}{\tau_0} + (1+\alpha)\operatorname{Ln}\frac{1-\tau_0}{1-\tau} + \left(\frac{1}{\tau_0} - \frac{1}{\tau}\right)\right]; \tag{30}$$

conservant les mêmes valeurs pour α et τ_0, nous aurons un diagramme dont l'extrémité seule est représentée sur la figure 4.

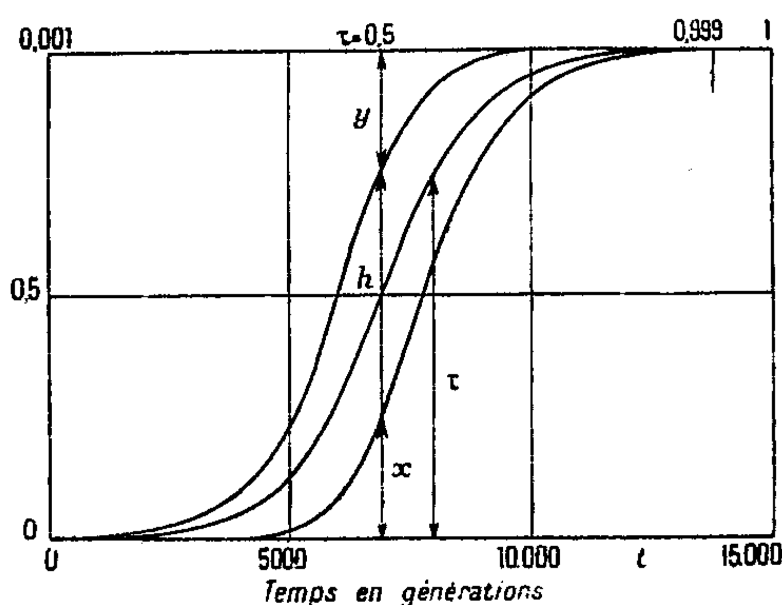


Fig. 3. — Cas I et IV.

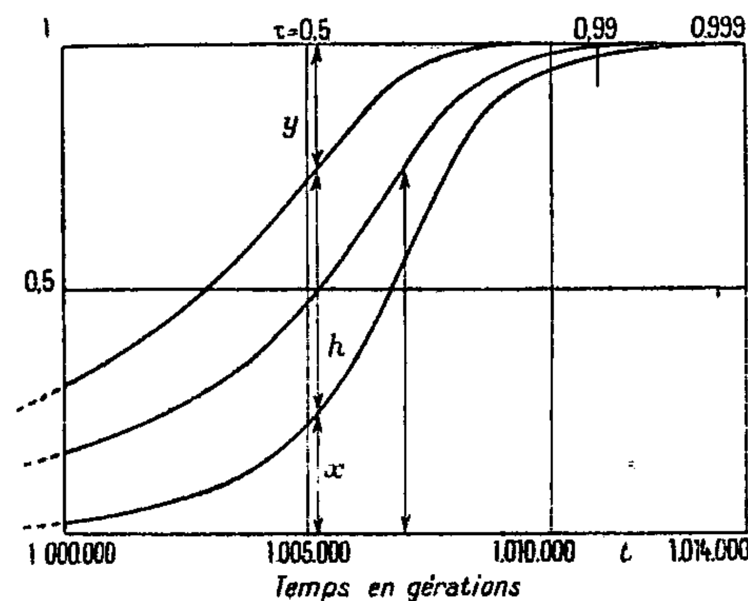


Fig. 4. — Cas II.

La suppression du modeste avantage de 1/1000 à l'envahissement « insidieux » par l'intermédiaire des hybrides, provoque un retard tel sur le démarrage de l'évolution, que le taux de la race envahissante n'est encore que de l'ordre de 3 % au bout de *un million de générations*. Ensuite le phénomène reprend à peu près l'allure du cas précédent à partir de l'origine. Il y a là un effet d'une sensibilité remarquable.

Cas III : $\beta \neq 0$; $\alpha = \gamma = 0$: *prépondérance ou déficience des unions* B*B seules*.

Ce cas est le symétrique du précédent; on obtient

$$t = \frac{1}{-\beta}\left[\operatorname{Ln}\frac{1-\tau_0}{1-\tau} + (1+\beta)\operatorname{Ln}\frac{\tau}{\tau_0} + \left(\frac{1}{1-\tau} - \frac{1}{1-\tau_0}\right)\right]; \tag{31}$$

pour conserver également la symétrie dans le calcul numérique, nous prendrons $\beta = -0{,}001$, conservant par ailleurs $\tau_0 = 0{,}001$. Diagramme figure 5.

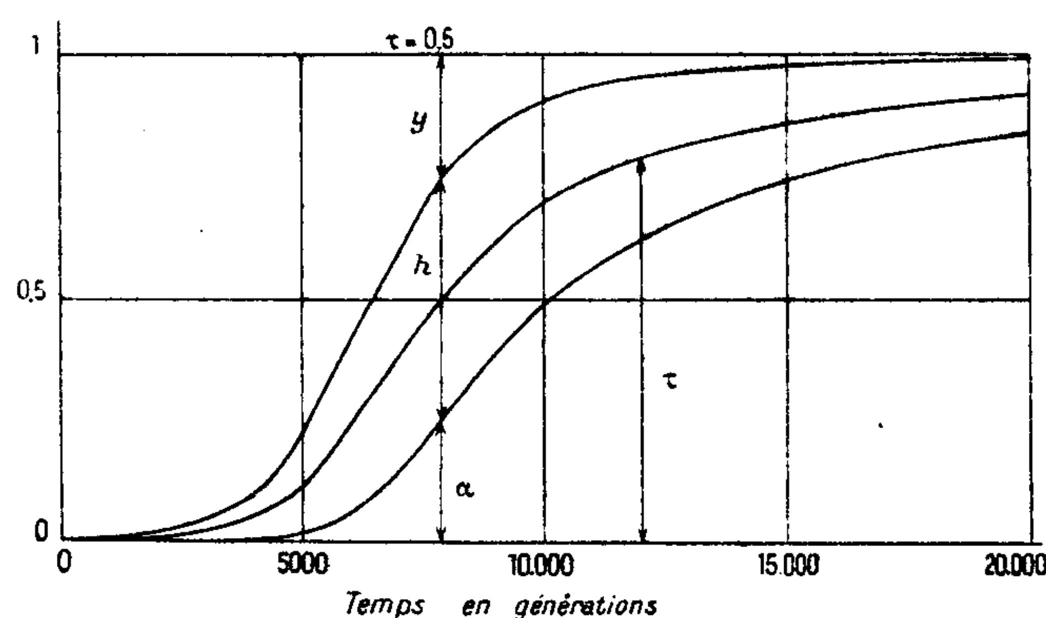


Fig. 5. — Cas III.

Cas IV : $\beta \neq 0$; $\alpha = 0$; $\gamma = \beta$ *mais pour un seul sexe* B *ou B*.

Ce cas est symétrique du premier, agissant par les hybrides :

$$(32) \qquad t = \frac{2}{-\beta}\left[\arg\operatorname{th}(1-2\tau_0) - \arg\operatorname{th}(1-2\tau)\right] - \operatorname{Ln}\frac{\tau}{\tau_0};$$

avec les mêmes prémisses qu'au cas précédent, le résultat diffère très peu de celui du premier; on pourra donc se référer à la figure 3. On voit que α, ou β selon le cas, joue le rôle que jouait V dans la précédente communication, les durées variant à peu près en proportion inverse de celui de ces coefficients qui se trouve en facteur. Les conclusions générales sont inchangées.

CHIMIE MINÉRALE ET ANALYTIQUE. — *Deux réactions d'identité, très sensibles, de l'aluminium et de l'étain métalliques*. Note [1] de M. **Georges Denigès**.

Certains sels de mercure m'ont permis d'obtenir trois réactifs susceptibles d'identifier des quantités minimes d'aluminium et d'étain.

Ces métaux, parfois employés aux mêmes usages (enrobages divers), nécessitent, pour leur différenciation, des méthodes rapides mais entraînant toute certitude, même lorsque la masse du métal dont on dispose est minime : pour ce dernier cas surtout, ces méthodes sont actuellement inexistantes.

Le premier de ces réactifs (réactif A) est une solution aqueuse de cyanure de mercure à 5 %. Le second (réactif B) est une solution aqueuse d'iodure mercuro-potassique qu'on préparera comme suit : dissoudre 4^{g} de IK dans environ 25^{cm^3} d'eau et ajouter 6^{g} de I_2Hg en poudre, qu'on y incorporera au mortier. Lorsque ce sel, dont il doit rester un excès, ne se dissout plus, on

(1) Séance du 23 juin 1947.

introduit le contenu du mortier dans un matras jaugé de 100^{cm^3} avec encore 25^{cm^3} d'eau, et après une agitation vive et assez prolongée, on complète le volume à 100^{cm^3} et l'on filtre.

Du réactif B, en l'additionnant d'un égal volume d'une solution à 15 % de ClNa, on déduira un troisième réactif C, inaltérable comme les deux autres.

Dans ce qui va suivre, j'indiquerai d'abord ce qu'on observe avec de menus fragments (de 1 à 2^{cg} au plus) de feuilles d'Al ou de Sn traités, dans un tube à essai, par les réactifs précités (2^{cm^3} environ) et plusieurs fois agités. On en déduira aisément le mode de procéder lorsqu'on examinera d'autres formes de ces métaux.

Avec A, l'aluminium fournit, en moins de 5 minutes, des filaments blancs, très minces, de $Al(OH)_3$; en même temps, il se dégage de très fines bulles de H ainsi que des vapeurs de CyH. En une demi-heure environ, Al a complètement disparu et un ou deux tout petits globules brillants, formés de Hg, s'observent au fond du tube.

Les réactifs B et C sont surtout applicables à l'étain. Ce métal, mis à la dose de quelques centigrammes, au plus, en présence de 2^{cm^3} de B, reste inaltéré, mais si l'on vient à doubler le volume du liquide par addition de 2^{cm^3} d'une solution à 15 % (concentration la plus favorable) de ClNa, l'ensemble prend bientôt, surtout à chaud, une coloration jaune avec aspect colloïdal. La floculation suit et, finalement, on constate la formation d'un précipité jaune que j'ai identifié, par sa composition et ses propriétés (réduction à la lumière solaire et par addition de IK, etc.) avec l'iodure mercureux, lequel prend naissance par réduction partielle de I_2Hg due à Sn agissant en présence de ClNa.

Dans la pratique, la réaction en deux étapes qui vient d'être décrite pourra être remplacée par l'emploi unique de C, dont 1^{cm^3} suffit à constater, dans un très bref délai, la formation caractéristique de IHg jaune, même avec des doses de métal voisinant autour de quelques milligrammes. J'ajouterai que, pour la bien observer, des doses minimes de Sn sont plus avantageuses que des doses plus importantes, car elles évitent la réduction ultérieure de IHg (d'abord formé) par un excès de métal avec remplacement du précipité jaune, bien spécial, et que ne donne aucun autre métal, par celui de Hg pulvérulent, plus ou moins noir.

Quant à l'aluminium, s'il ne paraît pas, tout d'abord, atteint par B ou par C, il subit cependant suffisamment l'empreinte de Hg pour, après lavage, produire les arborisations aluminiques signalées.

Les trois réactifs A, B, C se prêtent à merveille à différencier, en un instant, les enrobages de denrées alimentaires par des revêtements métalliques, soit en en prélevant 1^{cg} à peine qu'on traitera, dans un tube, comme il a été dit plus haut, soit en en déposant une goutte sur l'enrobage lui-même.

Si celui-ci est revêtu d'un vernis ou d'un enduit cellulosique ou autre, plus ou moins colorés, on en passe rapidement une petite prise dans une flamme;

le vernis ou l'enduit sont immédiatement brûlés et dès lors le métal sous-jacent libéré se prête aux essais voulus.

La réaction ([2]) est encore fort nette avec 1^{mg} d'Al et même perceptible, au moins en ce qui concerne les filaments blancs, avec $0^{mg},2$ de ce corps.

Si le fragment mis en œuvre est plus important, les filaments apparaissent d'abord, mais leur blancheur est ensuite masquée par la formation de Hg colloïdal floculant en noir.

Si, après quelques minutes seulement d'action, on retire le fragment essayé, le lave sous un filet d'eau puis le dispose sur un papier à filtrer humide, on constate bientôt que, de sa surface, surgissent des arborescences blanches formées de $Al(OH)_3$ croissant peu à peu et arrivant à faire disparaître toute trace de métal.

Il s'agit ici d'un phénomène résultant de l'oxydation spontanée de l'aluminium résiduel sous l'influence activante de traces de Hg à lui incorporées.

Il avait déjà été signalé, mais dans des conditions de réalisation bien différentes et sans prévision aucune des conséquences analytiques qui en pourraient résulter, d'abord par Jehn et Hintze ([3]), puis par Gustave Lebon ([4]).

Si, dans l'expérience qui vient d'être relatée avec le réactif A et Al, on remplace ce métal par Sn, on constate que ce dernier reste inaltéré.

Cependant, si l'on ajoute 20 ou 30^{cg} de ClNa au mélange et si l'on agite, l'étain brunit bientôt puis noircit et le liquide ambiant prend une teinte gris brunâtre due à Hg précipité.

M. AUGUSTE CHEVALIER fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *Contribution à l'étude du peuplement des Iles Atlantides*, écrit en collaboration avec M. PIERRE et Mme VALENTINE ALLORGE, MM. A. BADONNEL, ALFRED BALACHOWSKY, LUCIEN BERLAND, LÉON BERTIN, JACQUES BOURCART, PIERRE BOURRELLY, LUCIEN CHOPARD, J. DENIS, JEAN FELDMANN, ÉDOUARD FISCHER-PIETTE, PAUL-H. FISCHER, A.-L. GUYOT, RENÉ JEANNEL, PAUL JOVET, Mme SUZANNE JOVET-AST, MM. PAUL LESTER, ÉMILE MANGUIN, PIERRE MARIE, AUGUSTE MÉQUIGNON, Mme LIANE PAULIAN DE FELICE, MM. PAUL DE PEYERIMHOFF, ROBERT POTIER DE LA VARDE, JULES ROUCH, MAX SORRE, Mme LAURE TARDIEU-BLOT, MM. D.-L. UYTTENBOOGAART, G. VIENNOT-BOURGIN, ROGER-GUY WERNER.

([2]) Cette réaction peut, ainsi, se formuler

$$(CN)_2Hg + Al + 3H_2O = Al(OH)_3 + 2CN.H + Hg + H).$$

Comme elle est intégrale, elle m'a permis d'établir un nouveau procédé de préparation de CyH consistant à distiller une solution de cyanure de mercure en présence de feuilles ou de tournures d'aluminium et qui sera développé ailleurs.

([3]) *Ber. Chem. Gesell.*, 7, 1874, p. 1498.

([4]) *Comptes rendus*, 131, 1900, p. 706.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Physique générale, en remplacement de M. *Paul Langevin*. décédé.

Le nombre des votants étant 47,

M. Gustave Ribaud	obtient.........	39	suffrages
M. Pierre Auger	»	4	»
M. Marcel Pauthenier	»	3	»
M. Francis Perrin	»	1	»

M. **Gustave Ribaud** ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président du gouvernement de la République.

CORRESPONDANCE.

M. **Godfrey Harold Hardy**, élu Associé étranger, MM. **Émile Briner** et **Hans von Euler-Chelpin**, élus Correspondants pour la Section de Chimie, adressent leurs remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Léon Moret. *Précis de Géologie* (présenté par M. Charles Jacob).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorèmes taubériens relatifs à l'intégrale de Laplace*. Note (¹) de M. **Hubert Delange**, présentée par M. Paul Montel.

1. *Préliminaires*. — Dans tout ce qui suit, $s(t)$ est une fonction réelle ou complexe de la variable réelle t, définie pour $t > 0$ et sommable sur tout intervalle fini $[0, L]$. E désigne un ensemble quelconque de nombres réels positifs, supposé non borné supérieurement, λ une variable réelle supérieure à 1.

A la fonction $s(t)$ et à chaque constante réelle α on associe une fonction de E et λ, susceptible de prendre une valeur réelle finie ou la valeur $+\infty$, définie par

$$w_\alpha[E, \lambda] = \overline{\lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}} \left\{ \sup_{t \leq t' < \lambda t} \left| \frac{s(t') - s(t)}{t^\alpha} \right| \right\}.$$

(¹) Séance du 16 juin 1947.

Dans le cas où $s(t)$ est supposée réelle, on pose aussi

$$-\varpi'_\alpha[E, \lambda] = \underset{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}{\underline{\lim}} \left\{ \underset{t \leq t' < \lambda t}{\text{Inf}} \left[\frac{s(t') - s(t)}{t^\alpha} \right] \right\},$$

$$\varpi''_\alpha[E, \lambda] = \underset{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}{\overline{\lim}} \left\{ \underset{\frac{t}{\lambda} < t' \leq t}{\text{Sup}} \left[\frac{s(t') - s(t)}{t^\alpha} \right] \right\}.$$

Pour E fixé, chacune des fonctions considérées est une fonction non décroissante de λ et, comme elle, est positive ou nulle, si elle est finie pour λ assez voisin de 1; elle tend vers une limite finie positive ou nulle lorsque λ tend vers 1.

Dans le cas général, on désigne par $w_\alpha(\lambda)$ la valeur de $w_\alpha[E, \lambda]$ lorsque E est l'ensemble de tous les nombres réels positifs. Ou bien $w_\alpha(\lambda) = +\infty$ quel que soit λ; ou bien $w_\alpha(\lambda) < +\infty$ quel que soit λ.

Dans le cas où $s(t)$ est réelle, on désigne par $\varpi_\alpha(\lambda)$ la valeur commune de $\varpi'_\alpha[E, \lambda]$ et $\varpi''_\alpha[E, \lambda]$ lorsque E est l'ensemble de tous les nombres réels positifs. Ou bien $\varpi_\alpha(\lambda) = +\infty$ quel que soit λ, ou bien $\varpi_\alpha(\lambda) < +\infty$ quel que soit λ.

Si $w_\alpha(\lambda) < +\infty$, avec $\alpha > 0$, on a pour t infini $s(t) = O[t^\alpha]$.

Si $w_\alpha(\lambda) < +\infty$, avec $\alpha < 0$, quand t tend vers $+\infty$, $s(t)$ tend vers une limite finie $s(+\infty)$ et l'on a $s(+\infty) - s(t) = O[t^\alpha]$.

On appelle suite S une suite de nombres complexes $z_1, z_2, \ldots, z_n, \ldots$ tendant vers zéro et satisfaisant à

$$z_n = r_n e^{i\theta_n}, \qquad \text{avec } |\theta_n| < \frac{\pi}{2}, \qquad \lim_{n \to \infty} \frac{r_{n+1}}{r_n} = 1, \qquad \overline{\lim_{n \to \infty}} |\theta_n| < \frac{\pi}{2}.$$

Il est entendu que l'on prend pour $z_n^{-\alpha}$ la valeur $r_n^{-\alpha} e^{-i\alpha\theta_n}$.

II. Théorème 1. — *Si $w_\alpha(\lambda) < +\infty$, avec $\alpha \geq 0$, et si l'on a pour une suite* S $z_n \int_0^{+\infty} e^{-z_n t} s(t)\, dt = C z_n^{-\alpha} + o[r_n^{-\alpha}]$, *on a, quel que soit* E,

$$(1) \qquad \underset{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}{\overline{\lim}} \left| \frac{s(t)}{t^\alpha} - \frac{C}{\Gamma(\alpha+1)} \right| \leq w_\alpha[E, 1+0].$$

Théorème 2. — *Si $w_\alpha(\lambda) < +\infty$, avec $-(p+1) < \alpha < -p$, p entier positif ou nul, et s'il existe une suite* S *et des constantes* $C_0, C_1, \ldots, C_p$ *et* C *telles que l'on ait*

$$z_n \int_0^{+\infty} e^{-z_n t} s(t)\, dt = C_0 + C_1 z_n + \ldots + C_p z_n^p - C z_n^{-\alpha} + o[r_n^{-\alpha}],$$

l'on a $s(+\infty) = C_0$, $\int_0^{+\infty} [s(+\infty) - s(t)] q t^{q-1}\, dt = (-1)^q q!\, C_q$ *pour* $q = 1, 2, \ldots, p$, *et, quel que soit* E, *l'inégalité déduite de* (1) *en remplaçant* $s(t)$ *par* $s(+\infty) - s(t)$.

Lorsque $s(t)$ est supposée réelle, l'inégalité (1) du théorème 1 peut être

remplacée par

$$\frac{C}{\Gamma(\alpha+1)} - \varpi''_\alpha[E, 1+0] \leq \lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}} \frac{s(t)}{t^\alpha} \leq \overline{\lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}} \frac{s(t)}{t^\alpha} \leq \frac{C}{\Gamma(\alpha+1)} + \varpi'_\alpha[E, 1+0]$$

et celle du théorème 2 par l'inégalité déduite de la précédente en remplaçant $s(t)$ par $s(+\infty) - s(t)$.

Dans les deux théorèmes, on peut remplacer l'hypothèse $w_\alpha(\lambda) < +\infty$ par $\varpi_\alpha(\lambda) < +\infty$ (²).

Au cours de la démonstration des théorèmes 1 et 2, sous leur forme générale, on utilise les lemmes suivants, d'un caractère tout à fait élémentaire :

Lemme *a*. — *Si pour t infini* $\int_0^t s(u)\,du = \mathrm{H}t^{\alpha+1} + o[t^{\alpha+1}]$, *avec* $\alpha > -1$, *et si, pour* λ *assez voisin de* 1, $w_\alpha[E, \lambda] < +\infty$, *l'on a*

$$\overline{\lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}} \left| \frac{s(t)}{t^\alpha} - (\alpha+1)\mathrm{H} \right| \leq w_\alpha[E, 1+0].$$

Lemme *b*. — *Même énoncé en remplaçant*

$$\int_0^t s(u)\,du = \mathrm{H}t^{\alpha+1} + o[t^{\alpha+1}], \qquad avec \quad \alpha > -1,$$

par

$$\int_t^{+\infty} s(u)\,du = -\mathrm{H}t^{\alpha+1} + o[t^{\alpha+1}], \qquad avec \quad \alpha < -1.$$

Pour le cas où $s(t)$ est réelle, on utilise une forme des lemmes *a* et *b* spéciale à ce cas.

Ajoutons ici que les lemmes *a* et *b* peuvent se compléter par le suivant, lui aussi susceptible d'une variante pour $s(t)$ réelle :

Si l'intégrale $\int_0^{+\infty} s(t)\,dt$ est convergente et si, pour λ assez voisin de 1, $w_{-1}[E, \lambda] < +\infty$, on a

$$\overline{\lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}} |ts(t)| \leq w_{-1}[E, 1+0].$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les suites et familles de fonctions méromorphes de plusieurs variables* (¹). Note de M. **H. Rutishauser**, présentée par M. Émile Borel.

Posons les définitions suivantes :

I. Une suite $\mathcal{F}$ de fonctions méromorphes est appelée quasi régulière dans

(²) Le théorème 1 contient, pour $\alpha = 0$, les résultats que nous avons énoncés dans une Note précédente (*Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 436-438).

(¹) Séance du 23 juin 1947.

un domaine $\mathcal{D}$ si l'ensemble des points irréguliers de la suite est une surface caractéristique $V_{\mathcal{F}}$, c'est-à-dire le lieu des zéros d'une fonction $F(w, z)$ holomorphe dans $\mathcal{D}$.

II. La suite $\mathcal{F}$ est appelée irréductible dans $\mathcal{D}$ si chaque suite partielle extraite de $\mathcal{F}$ est irrégulière en tous les points de $V_{\mathcal{F}}$.

III. On appelle *ordre* d'une surface caractéristique V dans un domaine $\mathcal{D}$ le plus petit entier n tel que chaque plan non contenu dans V coupe V à l'intérieur de $\mathcal{D}$ en n points au plus (chaque point étant compté avec son ordre de multiplicité).

On a le théorème suivant :

THÉORÈME A. — *De chaque famille de surfaces, dont l'ordre dans un domaine $\mathcal{D}$ est borné, on peut extraire une suite qui converge dans $\mathcal{D}$ vers une surface caractéristique V_x : l'ordre de V_x dans $\mathcal{D}$ est également fini.*

Définition IV. — Une famille de fonctions méromorphes dans $\mathcal{D}$ est appelée quasi normale dans $\mathcal{D}$ si l'on peut extraire de chaque suite de cette famille une suite partielle quasi régulière dans $\mathcal{D}$.

La famille S est appelée quasi normale et d'ordre fini s dans $\mathcal{D}$, si l'ordre de $V_{\mathcal{F}}$ possède une borne supérieure s pour toutes les suites irréductibles $\mathcal{F}$ de S.

Il en résulte les théorèmes suivants :

THÉORÈME B. — *Soit* S *une famille quasi normale de fonctions holomorphes, qui est d'ordre fini s dans $\mathcal{D}$. Cette famille est normale dans $\mathcal{D}$ si toutes les fonctions de la famille satisfont à l'une des deux conditions suivantes :*

C_s : toutes les fonctions de cette famille, ainsi que leurs dérivées partielles d'ordre 1, 2, 3, ..., s sont bornées en un point fixe P_0 à l'intérieur de $\mathcal{D}$.

C'_s : toutes les fonctions de la famille, ainsi que leurs dérivées partielles d'ordre 1, 2, 3, ..., s *par rapport à w seulement* sont bornées sur un arc de courbe régulier c à l'intérieur de $\mathcal{D}$, sur lequel z n'est pas constant.

THÉORÈME C. — *Lorsque l'une des conditions C_s et C'_s est satisfaite par une famille de fonctions méromorphes quasi normale dans $\mathcal{D}$, telle le lieu des zéros de chaque fonction de la famille est une surface d'ordre s au plus dans $\mathcal{D}$, la constante ∞ n'est pas fonction limite d'une suite de cette famille.*

THÉORÈME D. — *Si une suite de fonctions rationnelles est quasi régulière en tous les points d'un plan fermé, elle est quasi régulière dans tout l'espace.*

THÉORÈME E. — *Soit* S *une famille de fonctions $f(w, z)$ méromorphes dans $\mathcal{D}$; si l'ordre des surfaces $f = a$ dans $\mathcal{D}$ admet une borne supérieure p pour toutes les fonctions f de la famille* S, *de même l'ordre des surfaces $f = b$ une borne supérieure q, l'ordre des surfaces $f = c$ une borne supérieure r ($a \neq b \neq c$), la famille est quasi normale et d'ordre fini s dans $\mathcal{D}$, et le nombre s ne peut dépasser plus d'un des nombres p, q, r.*

THÉORÈME F. — *Soit* T *une composante de la surface des points irréguliers $V_{\mathcal{F}}$ d'une suite irréductible $\mathcal{F}$ de fonctions méromorphes,* $E(t)$ *une famille de portions*

de plan analytique parallèles qui recouvrent entièrement un certain voisinage d'un point P *de* T *et qui coupent chacune la surface* T *en un point unique (situé au voisinage de* P*); si le nombre des points où* $f = a$, *situé sur la portion de plan* E(t) *et dans un certain voisinage de* P, *possède une borne supérieure pour toutes les portions de plan de la famille et toutes les fonctions* f *de la suite* $\mathcal{F}$, *alors la fonction limite de la suite peut être prolongée analytiquement vers tous les points de la composante* T *qui ne sont pas des points doubles de* $V_{\mathcal{F}}$.

Théorème G. — *Pour toute suite quasi régulière* $\mathcal{F}$ *de fonctions méromorphes il existe un nombre* n_T *(pouvant être* ∞ *) possédant les propriétés suivantes :*

Soit P un point de la composante T (voir th. F), où la fonction limite f^* de la suite $\mathcal{F}$ complétée comme il a été dit ne prend pas la valeur a.

Alors le nombre de points, situés sur E(t) et dans un voisinage assez petit de P, où f_i prend la valeur a, possède une limite supérieure n_T pour tous les i, et pour tous les t assez petits. Ce nombre est même constant pour « presque tous les a » et « pour presque tous les P sur T" », tant que les plans E(t) ne sont pas tangents à T.

Ce nombre n_T est appelé l'ordre de la composante T par rapport à la suite quasi régulière $\mathcal{F}$ (²).

TOPOLOGIE. — *Sur une classe d'espaces topologiques.* Note de M. **Roger Paintandre**, présentée par M. Paul Montel.

1. Dans cette Note, nous définissons et étudions une classe d'espaces topologiques que nous appelons *espaces sphériques*. Nous montrerons dans une prochaine Note que la théorie des fonctions de Baire s'étend à ces espaces, alors qu'il n'en est pas ainsi dans tous les espaces, même uniformes. Dans une autre Note, nous construirons dans les espaces sphériques des ensembles ayant de nombreuses propriétés des sphères des espace métriques. Nous montrerons enfin que nos espaces contiennent ceux étudiés par M. M. Fréchet (¹) sous le nom d'espaces écartisés.

2. Nous ne considérons que des espaces topologiques accessibles. Nous dirons qu'un espace X est *sphérique au point* x s'il existe une base de voisinages de ce point totalement ordonnée par inclusion. Si X est sphérique en chaque point, il sera dit *sphérique*. Nous dirons qu'un espace *uniforme* (²) Y est *uniformément sphérique* s'il existe une base d'entourages dans Y^2 totalement ordonnée par inclusion. Un tel espace est sphérique.

(²) P. Montel, *Leçons sur les familles normales de fonctions analytiques et leurs applications*, Paris, 1927; W. Saxer, *Ueber die normalen Scharen meromorpher Funktionen mehrerer Variablen* (*Comm. math. helv.* **4**, 1932, pp. 256-267). En particulier le théorème principal p. 262.

(¹) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 337 et *Port. Math.*, 5, 1946.

(²) A. Weil, *Sur les espaces à structure uniforme*, etc. (Paris, 1937).

Avec M. Alexandroff (3), nous appellerons *caractère en un point* d'un espace topologique la plus petite puissance d'une base de voisinages de ce point. Nous appellerons *caractère uniforme* d'un espace uniforme la plus petite puissance d'une base d'entourages.

Exemples. — Un espace métrique est uniformément sphérique, et de caractère uniforme $\aleph_0$, et réciproquement. Un espace totalement ordonné (les intervalles de la structure d'ordre étant une base d'ouverts) est sphérique. Tel est un espace cité par M. Dieudonné (4), qui a en chaque point le caractère $\aleph_1$.

3. On obtient aisément les résultats suivants :

THÉORÈME 1. — *Si* X *est sphérique en* x, *l'intersection d'une famille de voisinages de* x *dont la puissance est inférieure au caractère de* X *en* x *est un voisinage de* x.

THÉORÈME 2. — *Si* F *est un sous-espace fermé d'un espace sphérique* X, *tout point de* F *a sur* F *le même caractère que sur* X, *ou est isolé.*

THÉORÈME 3. — *Si* X *est sphérique en* x, *il existe en ce point une base de voisinages décroissants bien ordonnés.* Ce résultat, dû à M. Colmez (5), est une conséquence immédiate du suivant (6) : tout ensemble ordonné non vide est cofinal avec un ordinal régulier.

THÉORÈME 4. — *Un espace sphérique ayant en chaque point un caractère supérieur à* $\aleph_0$ *n'est pas compact.* Une suite dénombrable de points tous différents n'y a en effet pas de points d'accumulation. Nous démontrons enfin :

THÉORÈME 5. — *Un espace qui est le produit non dénombrable d'espaces possédant plus d'un point n'est sphérique en aucun de ses points.* On sait qu'un voisinage élémentaire (7) $V(x)$ dans le produit X des espaces X_i est obtenu en faisant le produit $\prod_i A_i$ où, pour n indices, $A_i \neq X_i$ est un voisinage de x_i dans X_i (n entier ≥ 0) et où, pour les autres indices, $A_i = X_i$. Nous classons les voisinages de x en $\aleph_0$ classes, en mettant dans la classe (n) : 1° les voisinages élémentaires tels que $V(x)$; 2° un voisinage quelconque $W(x)$ si n est le plus petit entier tel que W contienne un voisinage élémentaire de la classe (n). Alors : *si* $n < n'$, *il n'y a aucun voisinage de classe* (n) *contenu dans un voisinage de classe* (n'). S'il existe alors une base de voisinages totalement ordonnée par inclusion en x, on peut construire une base de voisinages élémentaires $V_k(x)$, où chaque V_k appartient à une classe différente. Ceci est contradictoire, car on peut trouver un indice h tel que la projection de tout V_k sur X_h soit X_h, et alors les V_k ne forment pas une base.

Il résulte des théorèmes 4 et 5 que les espaces sphériques excluent des

(3) *Math. Ann.*, 92, 1924, p. 268.
(4) *Rev. Sc.*, 1939, p. 142.
(5) *Rev. Sc.*, 1947, p. 39.
(6) HAUSDORFF, *Grundzüge der Mengenlhere*, p. 142.
(7) BOURBAKI, *Topologie générale*, Chap. I, § 8, p. 42 (Paris, 1940).

espaces très utilisés en analyse (certains compacts et produits). Nous montrerons cependant que la théorie de Baire s'étend à nos espaces et non à certains produits compacts. Nous introduirons une nouvelle notion :

4. Un espace uniformément sphérique et *homogène* (c'est-à-dire ayant en chaque point le caractère uniforme $\aleph_\alpha$) est dit *quasi-compact-α* si toute suite transfinie d'ouverts décroissants dont le type d'ordre est au plus ω_α possède au moins un point adhérent.

Exemples. — Un métrique compact est quasi-compact-0. L'espace de M. Dieudonné cité plus haut est quasi-compact-1, sans être compact.

THÉORÈME 6. — *Si la puissance d'une suite décroissante d'ouverts d'un espace quasi-compact-α est strictement inférieure au caractère uniforme de l'espace, l'intersection des ouverts de la suite est un ouvert non vide.*

THÉORÈME 7. — *Un sous-espace fermé d'un espace uniformément sphérique homogène, quasi-compact-α est uniformément sphérique, homogène et quasi-compact-α.*

THÉORÈME 8. — *Tout espace métrique quasi-compact-0 est compact.*

THÉORÈME 9. — *Tout espace sphérique de caractère non dénombrable est totalement discontinu.*

HYDRAULIQUE. — *Comparaison de diverses méthodes de calcul appliquées à la chambre d'équilibre complexe de Bioge.* Note [1] de MM. **Léopold Escande** et **Vladimir Goutkin**, transmise par M. Charles Camichel.

A propos de l'étude de la chambre d'équilibre de l'usine de Bioge, effectuée à la demande de M. le Directeur Thaller, maître de l'œuvre, nous avons été amenés à appliquer certaines méthodes de calcul nouvelles, méthode D. F. [2] ou méthode graphique approchée [3] dont nous avons exposé les principes généraux dans des Notes antérieures.

Pour le calcul des oscillations, la chambre de Bioge, en réalité plus complexe, peut être assimilée à une chambre d'équilibre à section variable, munie d'un étranglement inférieur et alimentée par deux retenues, celle de Morzine et celle d'Abondance, dans lesquelles les niveaux statiques peuvent se trouver à des cotes nettement différentes. Seule, la méthode D. F. permet l'étude du phénomène en tenant compte de tous ces éléments : par contre, si l'on substitue à la chambre réelle, à section variable, une chambre dont la section supposée constante soit égale à la valeur moyenne des sections de la chambre donnée, le calcul peut être fait ou par la méthode D. F., ou par la méthode graphique approchée, de telle sorte que l'on peut comparer les résultats obtenus au moyen de ces divers procédés.

---

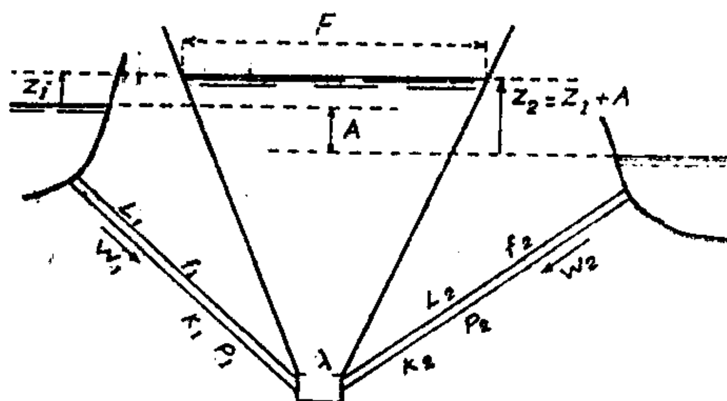
(1) Séance du 16 juin 1947.

(2) L. ESCANDE, *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 245 et **216**, 1943, p. 31.

(3) V. GOUTKIN, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1328.

Nous avons effectué cette comparaison en choisissant l'une des manœuvres les plus caractéristiques, le passage instantané du débit absorbé par les turbines de $Q_1 = 10$ m³/sec. à $Q_0 = 20$ m³/sec., les niveaux statiques étant aux cotes respectives 643,50 à la prise d'Abondance et 639, à la retenue de Morzine.

1° En tenant compte des variations de la section, la méthode D. F. permet



de calculer l'abaissement du plan d'eau, durant toute la première descente, à partir des relations suivantes, dont les notations sont fournies par la figure :

(1) $$V = \frac{1}{F}(f_1 W_1 + f_2 W_2 - Q_0),$$

(2) $$\Delta W_1 = -\frac{g}{L_1}(Z_1 + K_1 W_1^2 - \lambda F^2 V^2)\Delta t,$$

(3) $$\Delta W_2 = -\frac{g}{L_2}(Z_1 + A + K_2 W_2^2 - \lambda F^2 V^2)\Delta t,$$

(4) $$\left(F + \frac{\Delta F}{2}\right)\Delta Z_1 = FV\Delta t.$$

Partant des valeurs supposées connues de Z, W_1, W_2 à l'instant t on calcule successivement V, ΔW_1 et ΔW_2 au moyen de (1), (2) et (3), puis, par approximations successives, ΔZ_1 et ΔF au moyen de (4). Le calcul, ainsi effectué de proche en proche, donne, pour l'abaissement maximum du plan d'eau, la valeur

(α) $$Z_1 = -10^{\text{m}},36.$$

2° En négligeant les variations de la section et en considérant seulement la valeur moyenne pondérée de celle-ci, l'application de la méthode D. F. reste la même que la précédente, sauf en ce qui concerne le calcul de ΔZ_1, la relation (4) étant remplacée par la suivante

$$\Delta Z_1 = V\Delta t.$$

On aboutit ainsi à la cote minima du plan d'eau

(β) $$Z_1 = -10^{\text{m}},52.$$

3° En appliquant enfin la méthode graphique approchée, on obtient, pour la même quantité, la valeur

(γ) $$Z_1 = -10^{\text{m}},30.$$

Conclusion. — La comparabilité des valeurs (α), (β) et (γ) met nettement en évidence les résultats suivants :

Le fait de remplacer, pour le calcul, la chambre à section variable par une cheminée à section constante de même valeur moyenne, n'affecte guère les résultats.

L'utilisation pratique de la méthode graphique approchée, beaucoup plus rapide que la méthode D. F., est parfaitement justifiée.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Applications à la mesure du coefficient de rigidité des métaux de la méthode des pendules de résonance.* Note de M. **Constantin Sălceanu**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans une Note antérieure nous avons rendu compte de nos recherches expérimentales sur le phénomène de résonance que présentent deux pendules identiques liés par des fils de divers métaux. En soumettant ces fils à des diverses tensions nous avons obtenu une saturation pour le temps mesuré entre deux minima d'oscillations d'un même pendule.

Dans le présent travail nous cherchons à établir une liaison entre les temps ainsi mesurés pour divers fils métalliques, ceux-ci n'ayant été soumis à aucune traction, et les coefficients de rigidité des divers métaux employés.

Nous nous servions de fils ayant un diamétre de $0^{mm},5$. Les deux pendules identiques, écartés l'un de l'autre de 25^{cm}, étaient en bois, de diamètre 3^{mm}, de longueur 35^{cm}, soutenant chacun un poids de 5^{g}, serrés rigidement contre le fil à la partie supérieure. Chaque pendule pesait 8^{g}.

Les temps entre deux minima pour la tension zéro de chaque fil métallique ont été obtenus en mesurant les temps des minima correspondants pour trois tensions 200, 100 et 50^{g} et en extrapolant ces temps pour la tension zéro.

Les coefficients de torsion des fils métalliques ont été mesurés sur les mêmes échantillons de fil, pour avoir des valeurs comparables, en employant dans ce but la méthode statique décrite dans une Note antérieure, où le couple de torsion provoqué par un poids de $0^{g},2$ est équilibré par les forces élastiques de torsion du fil. On a $gd = C(\theta r^4/l)$, où $d = 27^{cm}$, $r = 0^{cm},025$ et $l = 8^{cm}$. Les valeurs de l'angle de torsion θ, de la constante de torsion C et des temps T, mesurés entre deux minima d'oscillations pour un même pendule, sont réunis dans le tableau suivant :

Métal.	θ.	$C.10^{11}$.	T_{sec}.	$C.10^{11} \times T$.
Nickel.........	4° 50′	12,8	10,8	138
Fer...........	4 45	13,1	11,6	152
Acier.........	4 55	12,6	11,7	147
Ni-chrome.....	5 10	12	13,2	158
Cuivre........	9	6,9	20,8	143
Argent........	9 30	6,4	23,8	152
Aluminium....	10 30	5,9	25	147
Laiton........	11	5,6	25,4	142
			moyenne......	147

Pour les 8 métaux employés, dans les limites des erreurs d'expérience le produit C × T reste constant. Par suite, la méthode des pendules de résonance permet de déterminer la constante de torsion C d'un métal.

L'influence de la chauffe sur les échantillons employés est consignée ci-dessous.

Le fer chauffé au rouge (7 ampères ayant passé dans le fil métallique) a perdu ses qualités élastiques, ne propageant pas les oscillations par résonance. Ce relâchement a été conservé aussi après refroidissement. Le nickel chauffé au-dessous de l'état d'incandescence (4 ampères environ 400° C.) a conservé ses propriétés élastiques initiales. Revenu au froid, le temps entre 2 minima a diminué de 0,5 seconde. L'aluminium chauffé entre 300-350° C. (7 ampères) montre un accroissement du temps des minima d'environ 4 secondes. Au froid il redonne les valeurs initiales. L'argent chauffé à 200° (7 ampères) n'accuse aucun changement élastique pendant l'échauffement. Revenu au froid, il indique une diminution d'environ 0,6 seconde des temps mesurés.

Le cuivre ayant été chauffé à 200° C. (7 ampères), le temps entre 2 minima augmente d'environ 1,2 seconde. Au retour il retombe sur les valeurs initiales.

Le laiton et le nickel chrome chauffés à 300° (8 ampères) accusent une augmentation du temps entre 2 minima : le premier de 2,2 secondes et le second de 3,2 secondes. Au retour, ce temps tombe pour les 2 alliages environ d'une seconde sous les conditions initiales.

Cette méthode peut donc donner des renseignements utiles sur la modification de nature élastique que peut subir un métal soumis à un traitement de nature thermique.

ASTROPHYSIQUE. — *Effets magnétiques des éruptions solaires visibles.* Note de M. **Pierre Bernard**, présentée par M. Charles Maurain.

Une observation d'un astronome suisse qui vient d'être relatée par Mme d'Azambuja (1) renouvelle, à près d'un siècle de distance, l'observation de Carrington : le 5 mars 1946 à $11^h 24^m$ est apparue soudainement, dans un important groupe de taches solaires observé par projection sur un écran, une plage blanche éclatante atteignant son maximum d'intensité à $11^h 25^m$ et qui à $11^h 27^m$ avait déjà pratiquement disparu.

Grâce à l'obligeance de M. E. Selzer, j'ai pu examiner les enregistrements du champ magnétique terrestre à Chambon-la-Forêt au moment de cette observation : à $11^h 28^m$ pour la composante horizontale, $11^h 29^m$ pour la composante verticale, débutait brusquement un crochet très important dont l'amplitude maxima est notée à $11^h 34^m$ sur H (53 γ) et à $11^h 44^m$ sur V. La perturbation en déclinaison, peu importante et de courte durée, a commencé elle

(1) *L'Astronomie*, 61, 1947, p. 114.

aussi à 11h28m. A 12h, les trois courbes sont revenues dans le prolongement de leur variation antérieure.

On sait que cette variation temporaire du champ magnétique est attribuée à l'augmentation d'ionisation des hautes couches de l'atmosphère par une émission de rayons ultraviolets du Soleil ([2]). Effectivement, un évanouissement des transmissions sur ondes courtes a été observé à 11h30m, présentant son maximum à 11h40m et finissant à 12h30m ([3]). Il est frappant de constater que les effets terrestres du rayonnement ultraviolet n'ont commencé qu'après la fin de l'éruption visible en lumière blanche, et que leur durée a été beaucoup plus longue.

Les observations antérieures, fort peu nombreuses, d'éruptions visibles sont les suivantes :

1° 21 février 1921 (du Martheray) ([4]). Début de l'éruption à 12h25m, maximum à 12h29m, où elle est pendant quelques secondes le point le plus éclatant du disque solaire, brillant d'une lumière rouge vif; fin à 12h33m. Aucun crochet magnétique n'est relevé sur les enregistrements du Val-Joyeux.

2° 15 juillet 1892 (Rudaux) ([5]). Éruption blanche éblouissante sur une tache solaire de 15h5m à 17h25m. Les magnétogrammes du Parc Saint-Maur montrent à 17h20m sur D et H des crochets très nets mais de faible amplitude (4 γ sur H). La composante verticale montre une baie plus accentuée (11 γ) débutant à 17h22m et finissant 1 heure après.

3° 17 juin 1891 (Trouvelot) ([6]). Apparition à 10h16m d'une tache jaunâtre éclatante tout contre le bord occidental du Soleil; à 10h22m elle avait disparu. Les éléments magnétiques se trouvaient, au Parc Saint-Maur, au moment de cette observation, légèrement agités; le crochet le plus voisin de l'heure de l'éruption, qui est également le plus brusque, mais dont l'amplitude dépasse à peine 1mm (8γ) sur H, se produit à 10h21m sur H et D. Aucun effet n'est relevé sur V.

4° 1er septembre 1859 (Carrington) ([7]). L'éruption extrêmement blanche et brillante apparue à 11h18m atteint son maximum en moins d'une minute et disparaît à 11h23m. Balfour Stewart ([8]), qui a publié les courbes du magnétographe de l'Observatoire de Kew, donne seulement l'instant du début et de la fin des courbes. En se basant sur ces renseignements, on note que des crochets très importants débutent brusquement sur la courbe calme de H et V à 11h33m, tandis qu'un écart progressif affecte la déclinaison à partir de 11h13m, avec une deuxième pointe commençant elle aussi à 11h33m. La durée de la pertubation est d'environ 1 heure. On voit que malgré l'imprécision des données, cette observation est encore favorable à un léger retard du crochet magnétique sur l'éruption.

La non-simultanéité des éruptions visibles et de leur effet magnétique serait expliquée par l'hypothèse suivante : une éruption n'est visible par émission

---

([2]) L. Eblé, *Journ. de Phys.*, 7e série, **10**, 1939, p. 272.
([3]) *Bull. inform. du Labor. Nat. de Radioél.*, n° **2**, mars 1946.
([4]) *L'Astronomie*, **36**, 1922, p. 276.
([5]) *L'Astronomie*, 1892, p. 342.
([6]) *Comptes rendus*, **112**, 1891, p. 1419.
([7]) *M. N. R. A. S.*, **20**, 1859, p. 13.
([8]) *Phil. Trans. Roy. Soc.*, **151**, 1861, p. 423.

d'un spectre continu que si elle se produit à un niveau où l'atmosphère solaire est suffisamment dense. Les couches immédiatement supérieures sont alors elles-mêmes assez denses pour absorber le rayonnement de courte longueur d'onde de cette éruption; c'est seulement lorsque celle-ci s'est élevée jusqu'aux régions plus raréfiées de la chromosphère qu'une radiation ionisante intense peut se propager jusqu'à la Terre, mais, par suite de cette raréfaction même, la lumière émise se trouve réduite à des raies monochromatiques et cesse d'être perceptible sans le secours d'un spectrohélioscope ou d'un spectrohéliographe éliminant la lumière continue de la photosphère.

Si cette explication est exacte, on doit retenir des observations précédentes la possibilité d'éruptions *photosphériques* ne donnant pas lieu à des émissions subséquentes de radiations ultraviolettes, et la limitation par les propriétés absorbantes de la chromosphère inférieure du spectre continu de la surface photosphérique du côté de l'ultraviolet (9).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le magnétisme des masses en rotation.* Note de M. ANTONIO GIÃO.

Par la comparaison des champs magnétiques et des vitesses de rotation de la Terre, du Soleil et de l'étoile 78 Virginis (dont Babcock a donné récemment une détermination spectroscopique des moments magnétique et de la rotation), M. Blackett a trouvé (1) que le moment magnétique ($M_{\text{magn.}}$) de ces grandes masses quasi sphériques en rotation est proportionnel à leur moment de rotation ($M_{\text{rot.}}$) conformément à la formule

$$M_{\text{magn.}} = \frac{\beta\sqrt{K}}{2c} M_{\text{rot.}}, \tag{1}$$

où K est la constante newtonienne de la gravitation, c la vitesse de la lumière et β un coefficient numérique voisin de 1/4. Nous allons montrer que cet important résultat (qui établit une relation entre une grandeur électromagnétique et une grandeur purement mécanique) peut être déduit très facilement de notre théorie unitaire de la gravitation et de l'électromagnétisme (2). D'après cette théorie, l'espace-temps peut être considéré comme une hypersurface E_4 de *classe* 1 d'un espace E_5. Désignons par $X^\mu(\mu = 1, \ldots, 5)$ des coordonnées générales dans E_5 et par $x^i(i = 1, \ldots, 4)$ des coordonnées

(9) Le coefficient d'absorption de la photosphère, étudié par D. Chalonge (*Physica*, **12**, 1946, nos 9-10, p. 728), passe par un minimum pour $\lambda = 3700$ Å et ne cesse de croître vers les courtes longueurs d'onde dans le domaine, limité à 3100 Å, de nos connaissances d'observations actuelles.

(1) *Nature*, **159**, n° 4046 (17 mai 1947).

(2) *Portugaliæ Physica*, **2**, 1, 1946, pp. 1-98; *Portugaliæ Mathematica*, **5**, III, 1946, pp. 145-192.

dans E_4. Soient $X^{\mu}_{;ik}$ les dérivées tensorielles covariantes secondes des X^{μ} par rapport aux x^i et n_{μ} les composantes covariantes des normales unitaires à E_4 dans E_5.

En posant $\omega_{ik} = X^{\mu}_{;ik} \gamma_{\mu}$ on définit par ses composantes covariantes ω_{ik} un tenseur symétrique du second ordre auquel correspond la forme quadratique invariante $d\Omega^2 = \omega_{ik} dx^i dx^k$ qui est la *forme métrique externe* de E_4 hypersurface de E_5. Ceci étant dit, un résultat fondamental de notre théorie s'énonce comme suit : *les phénomènes électromagnétiques sont essentiellement des propriétés de la métrique externe de l'espace-temps; en d'autres termes, ils sont décrits par les ω_{ik} ou par des fonctions des ω_{ik}.* En particulier, les composantes H_i du champ magnétique statique sont données par les expressions (voir *Port. Math.*, *loc. cit.*, p. 169)

$$(2) \qquad H_i = \frac{c^2}{\chi} \frac{(m_0)_e}{e} \left(\frac{\partial \omega_{4k}}{\partial x^j} - \frac{\partial \omega_{4j}}{\partial x^k} \right), \qquad ijk \text{ permutation circulaire de } 123,$$

e et $(m_0)_e$ étant la charge et la masse propre de l'électron et χ la courbure moyenne de l'espace-temps.

Considérons une masse sphérique non électrisée en rotation constante. Les g_{ik} de la *métrique interne* sont statiques; par suite de la symétrie sphérique et des valeurs s'annulant évidemment à l'infini des g_{4i} et des ω_{4i} on peut écrire

$$(3) \qquad \omega_{4i} = \xi g_{4i} \qquad (i = 1, 2, 3),$$

ξ étant une constante. Utilisons alors les valeurs, bien connues en Relativité, des g_{4i} $(i = 1, 2, 3)$ d'une sphère en rotation ([3])

$$(4) \qquad g_{41} = -\frac{2K}{c^3} \frac{x^2}{r^3} M_{\text{rot}}, \qquad g_{42} = \frac{2K}{c^3} \frac{x^1}{r^3} M_{\text{rot}}, \qquad g_{43} = 0,$$

en coordonnées x^1, x^2, x^3, ct (r étant la distance d'un point au centre de la sphère). En posant $z \equiv x^3 =$ axe de rotation et en introduisant les (4) dans (2), on obtient immédiatement par (3)

$$(5) \qquad H_z = -2 \frac{\xi}{\chi} \frac{K (m_0)_e}{ec} \frac{1}{r^3} M_{\text{rot}},$$

pour un point du plan équatorial de la sphère. On connaît par ailleurs en électromagnétisme classique la formule $H_t = -M_{\text{magn.}} (\sin\theta / r^3)$ qui relie, en un point de colatitude θ, le moment magnétique de la sphère à la composante du champ magnétique normale au rayon vecteur. Par la comparaison de cette formule et de (5), on trouve immédiatement

$$(6) \qquad M_{\text{magn.}} = 2 \frac{\xi}{\chi} \frac{(m_0)_e}{ec} K M_{\text{rot.}}$$

([3]) Ce problème a été traité par De Sitter, Lense et Thirring. Voir par exemple : Chazy, *La théorie de la Relativité et la Mécanique céleste*, II, p. 171, Paris.

et cette expression démontre le résultat fondamental de M. Blackett, à savoir : la constance du rapport $M_{magn.}/M_{rot.}$ pour les grandes masses sphériques en rotation. Pour obtenir avec (6) les mêmes résultats numériques qu'avec la formule (1) de Blackett, il suffit d'ailleurs de poser

$$\xi = \frac{e}{4(m_0)_e\sqrt{K}}\chi\beta. \tag{7}$$

On voit que la déduction du résultat de Blackett par notre théorie montre aussi que les valeurs légèrement différentes du coefficient β de (1) pour les trois corps célestes examinés par Blackett doivent être attribuées à la non-uniformité spatiale, assez mal connue, de χ, de la densité de l'astre et de la vitesse de rotation. D'autre part, dans le cas tout à fait général, il faut ajouter aux seconds membres de (3) des quantités ω'_{4i} qui ne sont négligeables que pour les masses non électrisées à symétrie sphérique et qui peuvent être prépondérantes en microphysique. Ces quantités complémentaires donnent, par (2), une contribution au champ magnétique qui ne peut plus être mise en relation avec la rotation.

PESANTEUR. — *L'intensité de la pesanteur déterminée par l'observation de la chute d'un corps.* Note [1] de M. CHARLES VOLET, présentée par M. Albert Pérard.

Les mesures de l'intensité absolue de la pesanteur, momentanément délaissées, retiennent de nouveau l'attention des physiciens et des géodésiens. J'ai rappelé dans une précédente Note [2] les grandes difficultés qui limitent la précision des mesures faites avec le pendule, et j'ai proposé une méthode qui confère à la détermination de g par l'observation de la chute d'un corps un haut degré de précision. Les appareils pour la mise en œuvre des principes exposés sont en cours de réalisation au Bureau international des Poids et Mesures.

Mais il existe d'autres possibilités expérimentales. Celle que je propose ci-après me paraît conduire à une élimination particulièrement complète des erreurs systématiques.

On connaît la méthode dite *des trois stations*, qui consiste à observer l'époque du passage, à trois hauteurs différentes, d'un corps qui tombe. Elle présente une certaine difficulté, au point de vue métrologique, du fait de l'impossibilité où l'on se trouve d'observer les trois passages dans des conditions *identiques*, vu que la vitesse du corps n'est pas la même aux trois stations. On peut cependant remédier à cet inconvénient, et même n'utiliser que 2 stations, en observant les passages d'un corps primitivement lancé de bas en haut.

---

(1) Séance du 23 juin 1947.

(2) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 373.

Soient : t_1, t_2, t_3 et t_4 les époques des passages successifs aux deux stations, lors de l'ascension du corps, puis de sa chute; $T = t_2 - t_1 = t_4 - t_3$, le temps de transit d'une station à l'autre; et H la distance verticale des deux stations. On a la relation

$$4H = gT(t_2 - t_3 + t_1 - t_4).$$

Quelle que soit la solution adoptée pour la réalisation des stations, il ne sera pas difficile d'atteindre une très haute précision dans la mesure de H. Une installation bien étudiée comportera pour cela toutes les possibilités indispensables de permutation ou de retournement de ces stations. Le temps de transit T étant lui-même observé dans les deux sens du mouvement sera particulièrement bien affranchi des erreurs systématiques inhérentes à l'enregistrement des passages. Il en sera de même pour les différences $t_2 - t_3$ et $t_1 - t_4$ qui interviennent dans la formule précédente; laquelle donnera ainsi g avec une exactitude que l'on peut espérer très grande.

Pratiquement, je pense qu'il serait avantageux d'utiliser cette méthode *des deux stations* en projetant vers le haut de petites billes et en enregistrant leurs passages en coïncidence avec des repères fixes (fentes) au moyen d'un procédé photoélectrique.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur le calcul par la règle de mélanges de l'entropie et de l'enthalpie de mélanges de gaz parfaits.* Note de M. **Numa Manson**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons indiqué une méthode de calcul de l'entropie de mélanges de gaz parfaits lorsque ces derniers sont le siège de réactions d'équilibre. Cependant le résultat que l'on obtient ainsi présente la lacune de ne pas mettre en évidence la valeur non nulle de cette entropie pour $T = 0°K$.

Quoique cette lacune soit en général sans conséquence dans les applications numériques ([2]), nous avons cherché à la combler en reprenant le calcul de l'entropie par la règle des mélanges

$$S_m^{T,P} = \Sigma x_J S_J^{T,P} \qquad (1)$$

où

$$S_J^{T,P} = s_J^T - R \operatorname{Log} p_J \qquad \text{et} \qquad s_J^T = s_J^0 + \int_0^T \frac{dH_J}{T},$$

J_0^I étant l'entropie pour $T = 0°K$ ([3]).

([1]) *Comptes rendus*, p. 1548. Nous conservons ici les notations adoptées dans cette Note.

([2]) Dans la pratique seules les différences des valeurs de l'entropie sont considérées.

([3]) Rappelons que cette entropie s_J^0 est nulle pour les gaz tels que O_2, N_2, etc. et différente de zéro dans le cas de H_2, CO, NO, H_2O, etc. *Voir* par exemple : Jeunehomme, *Calcul des équilibres physicochimiques*, Ed. Hermann et Cie, Paris, 1937,

Ce calcul s'effectue aisément en remarquant que pour une réaction d'équilibre, par exemple de la forme $YX_2 = YX + 0,5X_2 - Q_T^A$, on a

$$\begin{aligned} S_{yx}^{T,P} + 0,5S_{x_2}^{T,P} - S_{yx_2}^{T,P} &= s_{yx}^T + 0,5s_{x_2}^T - s_{yx_2}^T - R\,\mathrm{Log}\left[\frac{p_{yx}\sqrt{p_{x_2}}}{p_{yx_2}}\right] \\ &= \Delta s_A^0 + \int_0^T \frac{dQ_T^A}{T} - R\,\mathrm{Log}\,K p \\ &= \Delta s_A^0 + \frac{Q_T^A}{T} + \int_0^T \frac{Q_T^A\,dT}{RT^2} - R\,\mathrm{Log}\,K p \\ &= \Delta s_A^0 + \frac{Q_T^A}{T}. \end{aligned}$$

On constate ainsi que l'entropie $S_m^{T,P}$ est liée à l'entropie *totale* $S_t^{T,P}$ précisée dans la Note citée ([1]), par la relation

$$S_m^{T,P} = S_t^{T,P} + \Sigma\alpha_j\,\Delta s_j^0 - R\Sigma n_j\,\mathrm{Log}\left(\frac{n_j}{n_0}\right). \tag{2}$$

Pour $T = 0°$ K. l'entropie $S_m^{T,P}$ du mélange se réduit à une constante

$$-R\Sigma\, n_j \mathrm{Log}\left(\frac{n_j}{n_0}\right)$$

représentant la variation de l'entropie qui correspond à la diffusion irréversible des constituants du mélange à cette température et à la pression $p = 1^{\text{atm}}$. Suivant la nature du mélange à cette température, le terme $\Sigma\alpha_j\Delta s_j^0$ peut être nul ou différent de zéro. Mais dans ce dernier cas, en raison des valeurs des s_j^0, de α_j et surtout de la précision avec laquelle les fractions de dissociation α_j peuvent être actuellement calculées, ce terme peut être négligé dans la plupart des applications numériques ([4]).

Par conséquent dans une évolution réversible entre $(p_1 T_1)$ et $(p_2 T_2)$ d'un mélange de gaz parfaits, au sein duquel peuvent se produire des réactions d'équilibre, la variation de l'entropie $(\Delta S_m)_1^2$ est égale à celle de son entropie *totale* $(\Delta S_t)_1^2$ au terme $\Sigma(\Delta\alpha_j)_1^2\,\Delta s_j^0$, généralement négligeable, près.

II. L'enthalpie $H_m^{P,T}$ d'un mélange gazeux qui est le siège de réactions d'équilibre peut être calculée par la règle de mélanges

$$H_m = \Sigma x_j H_j, \tag{3}$$

à condition d'utiliser dans ce calcul non pas les valeurs des enthalpies

$$H_j = \int_0^T C_p^j\,dT, \tag{4}$$

([4]) Par exemple pour $CO_2 = CO + 0,5\,O_2$ $\Delta s^0 = s_{CO}^0 + 0,5\,s_{O_2}^0 - s_{CO_2}^0 = s_{CO}^0 = R\log 2$, et pour $H_2 = 2H$: $\Delta s^0 = 2s_H^0 - s_{H_2}^0 = 2.2,75 - 4,39 = 1,11$ cal/mole/degré [Voir JEUNEHOMME ([3])].

rapportées à leurs valeurs H^0_{0J} pour $T = 0^\circ K.$, mais les valeurs absolues

$$H^0_J = H^0_{0J} + H_J = H^0_{0J} + \int_0^T C^J_p \, dT. \tag{5}$$

En tenant compte de la relation de Kirchoff

$$Q^J_T = Q^J_{T=0} + \int_0^T (\Delta C^J_p) \, dT = Q^J_{T=0} + (\Delta H_J)^T_0 = \int_0^T d(\Delta H^0_J) = (\Delta H^0_J)^T_0,$$

on obtient

$$H^{p,T}_m = \Sigma n_J H^0_J + \Sigma \alpha_J Q^J_T, \tag{6}$$

Si $H^{p,T}_t$ est l'enthalpie totale définie par G. Ribaud (5), on vérifie que l'on a

$$(\Delta H^p_m)^{T_2}_{T_1} = (\Delta H^p_t)^{T_2}_{T_1},$$

ce qui justifie la substitution de l'enthalpie totale à l'enthalpie du mélange $\Sigma x_J H_J$, les enthalpies H_J étant les enthalpies relatives définies par (4).

Notons enfin que dans le cas de mélanges de gaz parfaits inertes, les valeurs des enthalpies figurant dans (3) peuvent être soit les valeurs absolues H^0_J, soit les valeurs relatives H_J; dans ce dernier cas H_m représentant : $\Sigma n_J H^0_J - \Sigma n_J H^0_{0J}$.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Limite de résolution de l'objectif électrostatique décentré.* Note (1) de M. **Henri Bruck**, présentée par M. Camille Gutton.

L'influence sur la limite de résolution, du décentrage d'un diaphragme de lentille peut être traitée d'une manière extrêmement simple (*fig.* 1) : on considère la lentille comme composée de 3 lentilles élémentaires, localisées respectivement à l'endroit des 3 diaphragmes, et indépendantes les unes des autres. Les lentilles élémentaires extérieures sont divergentes et faibles. Leurs aberrations peuvent être négligées à côté de celles de la lentille élémentaire du diaphragme central. Cette dernière lentille est convergente et forte. Ses constantes d'aberration peuvent être identifiées avec celles de la lentille complète qui sont connues.

Soit par exemple (*fig.* 1), le disque central décentré de Δe. Le faisceau est légèrement coudé à la traversée de la première lentille élémentaire. Les aberrations ne proviennent que du fait que la lentille médiane est traversée à la distance Δe de son axe, et par un faisceau issu d'un point situé près de cet axe. Une telle aberration est entièrement déterminée par la constante d'aberration de sphéricité $\mathcal{C}_s$. Pour la constante de l'aberration de décentrage $\mathcal{C}'$ [*cf.* (2)],

(5) *Chaleur et Industrie*, 1937, p. 206 et 1938 p. 63; *La France énergétique*, **8**, **3**, 1944, nos **9-10**.

(1) Séance du 16 juin 1947.

(2) H. Bruck, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1628.

on trouve ainsi aisément :

$$\mathcal{C}' = \mathcal{C}_s \left(\frac{\Delta e}{f}\right)^2.$$

Soit la lentille parfaitement ronde. Dans ce cas, une aberration de la même nature et importance se produit aussi, si la lentille est inclinée d'un angle $\beta = \Delta e/f$ (*fig.* 2*a*), si le point objet se trouve hors de l'axe de la quantité Δe (*fig.* 2*b*) ou si le faisceau éclairant est incliné sur l'axe de $\gamma = \Delta e/f$ (*fig.* 2*c*).

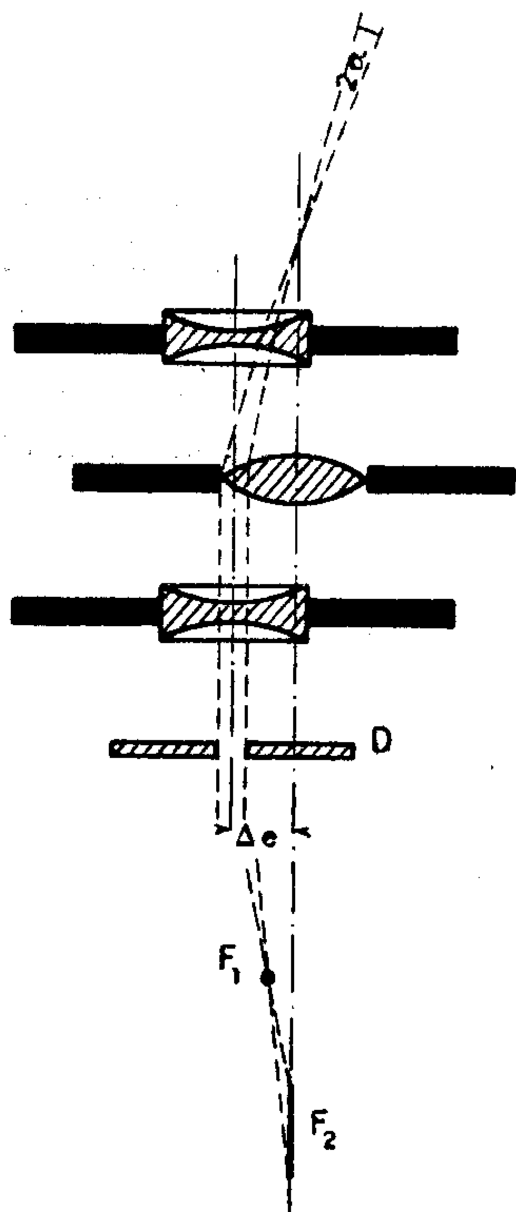


Fig. 1.

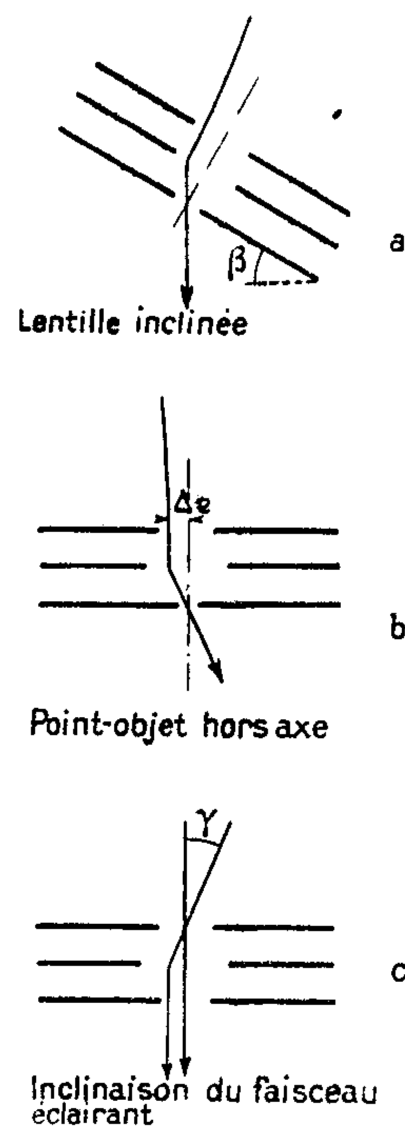


Fig. 2.

Par une inclinaison convenable du faisceau, on peut, dans certaines limites, compenser les autres défauts cités; car il importe en somme de faire passer le faisceau par le centre de la lentille centrale. De plus, on peut toujours vérifier à quelle distance Δe de l'axe passe effectivement le faisceau, en faisant varier le potentiel de l'électrode centrale de $\Delta\Phi_p$.

Sous l'action d'une telle variation, on observe un déplacement latéral Δy de l'image

$$\Delta y = G \frac{\mathcal{C}_c}{f} \frac{\Delta\Phi_p}{\Phi_{HT}} \Delta e$$

($G =$ grossissement, $\mathcal{C}_c =$ constante d'aberration chromatique).

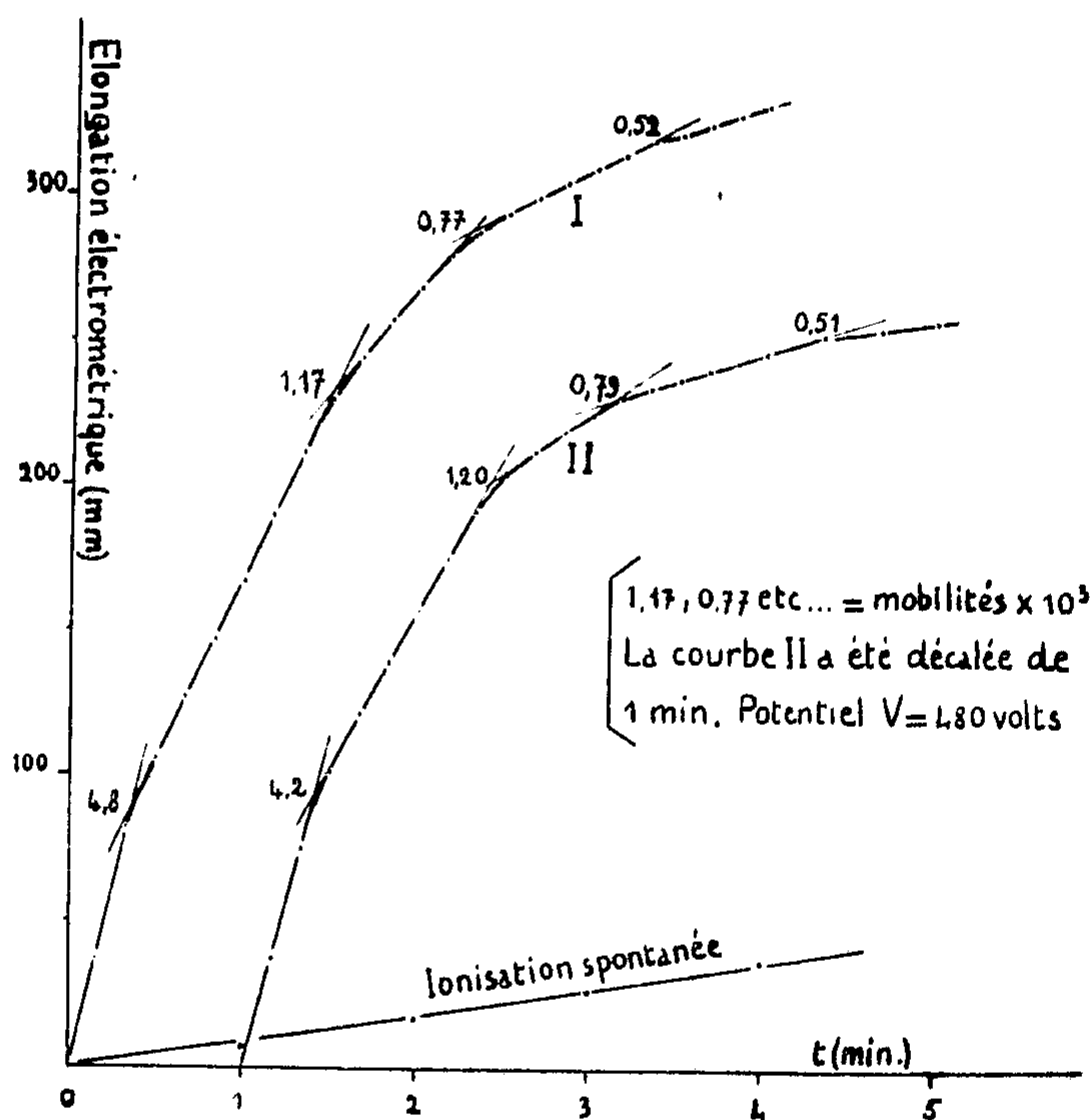
En posant $f = 6^{mm},5$, on trouve numériquement [*cf.* ([2])] : pour un point hors axe, ou avec un décentrage de $\Delta e = 1/100^{mm}$, avec une inclinaison de la

lentille ou du faisceau éclairant de $\beta = \gamma = 2.10^{-3}$, on peut encore atteindre une limite de résolution de $1^{m\mu}$. La demi-ouverture angulaire du faisceau doit être dans ce cas, de $\alpha = 2{,}9.10^{-3}$.

M. Pierre Grivet a également contribué à cette discussion.

IONS DANS LES GAZ. — *Détermination des mobilités des gros ions en suspension dans un gaz au repos.* Note [1] de M. **Gérard Vassails.**

Dans une précédente Note [2] j'ai indiqué le principe de la méthode de mesure dont il s'agit ici. Cette méthode a été perfectionnée en traçant le diagramme qui représente en fonction du temps la *charge* apportée par les gros ions (mesurée par l'élongation du spot de l'électromètre) au lieu du courant d'ionisation. La précision est meilleure et il devient en outre possible d'enregistrer automatiquement les diagrammes. Voici les résultats obtenus en appliquant la méthode à de gros ions provenant de l'action préalable de la lumière ultraviolette sur l'air.



1° Les diagrammes électrométriques se présentent comme des séries de droites se raccordant par des *coudes* plus ou moins brusques (figure). Le

(1) Séance du 19 mai 1947.
(2) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 724.

courant d'ionisation dû aux gros ions, mesuré par la pente de ces lignes, décroît donc *en escalier*. Un calcul simple permet de trouver la valeur de ce courant d'ionisation et d'en déduire que chaque coude du diagramme électrométrique correspond, si son abscisse est T_i, à l'épuisement des corpuscules de mobilité $K = a/VT_i$ (V, différence de potentiel aux armatures; a, facteur géométrique).

L'abscisse T_i peut être déterminée graphiquement, comme le montre la figure, par le point de rencontre de deux droites. On voit que les mobilités des gros ions formés par la lumière ultraviolette présentent une série de valeurs discrètes aisément calculables, toutes d'ailleurs de l'ordre de 10^{-3} cm/sec volt/cm.

2° Fréquemment des *rapports simples* apparaissent entre les mobilités relevées sur un même diagramme. Ainsi, sur la figure, on note par exemple :

$$\frac{1,20}{0,79} \# \frac{3}{2} \# \frac{0,77}{0,52}.$$

Prés de cent diagrammes ont été étudiés : presque sur chacun d'eux un ou plusieurs rapports simples de ce genre s'imposent à l'esprit d'une manière trop frappante et trop fréquente, semble-t-il, pour pouvoir être attribués au hasard.

Comment expliquer leur existence ? L'hypothèse la plus simple consiste à supposer que, des trois facteurs principaux qui influent sur la mobilité d'une particule (rayon, structure plus ou moins ramassée, charge), c'est le dernier qui est à incriminer. L'aérosol précipité par l'ultraviolet serait sensiblement homogène, les volumes de ses micelles resserrés autour de leur valeur moyenne, mais ces micelles pourraient porter chacune plusieurs charges élémentaires. La mobilité d'une particule est en effet proportionnelle à sa charge : si celle-ci varie par multiples entiers simples, la mobilité en fait autant. D'autre part, l'intensité du courant d'ionisation dû à un lot de corpuscules de mobilité K est proportionnelle à K et au nombre x de charges élémentaires transporté par chaque corpuscule. Elle est donc proportionnelle à x^2, et ce nombre x peut avoir une influence prépondérante sur le courant d'ionisation, influence capable d'expliquer les brusques changements de pente du diagramme. Il se produirait, au cours de la migration de ses particules vers les armatures, une véritable sédimentation électrique de l'aérosol, par ordre de charge décroissante.

Cependant cette hypothèse se heurte à quelques difficultés. La principale semble être offerte par l'existence, sur certains diagrammes, de plus de deux mobilités successives liées par des rapports simples : par exemple, sur la courbe 1, on relève $1,17/0,77 \# 0,77/0,52 \# 3/2$. Cela correspondrait à trois catégories de corpuscules portant respectivement 9, 6 et 4 charges élémentaires. On se trouve ainsi conduit à admettre la fixation, sur les micelles des aérosols, de nombres x relativement grands de charges élémentaires liés entre eux par des rapports simples, ce qui déplace le problème sans le résoudre.

Les recherches en cours ont pour objet de préciser l'interprétation de ces rapports et de se procurer un complément d'information par l'observation des granules à l'ultramicroscope où l'expérience a révélé qu'ils sont visibles.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les équilibres du système plomb-argent-zinc au voisinage de l'eutectique binaire, riche en plomb.* Note [1] de M. **Léon Jollivet.**

Le système plomb-argent-zinc a fait l'objet de nombreux travaux en vue de son application à la désargentation des plombs. Les premiers, parmi lesquels ceux de Wright et Thompson [2] et celui de Bogitch [3], délimitent la zone à deux liquides. Kreman et Hofmeier y ajoutent un premier tracé de l'eutectique binaire [4]. On admet alors que la désargentation est due à la séparation des composés Ag_2Zn_3 ou Ag_2Zn_5 pouvant former des solutions solides avec le zinc [5].

Cherchant à établir les meilleures conditions d'application du procédé de désargentation, Williams détermine les compositions successives de la phase liquide au cours du refroidissement et l'eutectique binaire riche en plomb [6]. Ses résultats, beaucoup plus précis, sont encore entachés d'une erreur notable due à l'oxydation du zinc.

Nous avons constaté que si la surface du mélange fondu n'est pas protégée, une partie de l'oxyde de zinc formé s'incorpore au bain et fausse les résultats d'analyse.

En évitant cette cause d'erreur, nous avons déterminé la courbe eutectique binaire et la composition de la phase solide qui se sépare en son voisinage quand on refroidit des mélanges ternaires fondus moins riches en plomb.

Dans ces conditions, il apparaît à la surface une couche pâteuse de fins cristaux enrobés de liquide. Ces cristaux ne sont pas isolables. Nous déterminons leur composition à partir de celle du milieu où ils ont pris naissance et de celle du liquide en équilibre avec eux.

Soient a_1 et z_1 les concentrations globales initiales en argent et en zinc du mélange fondu; a_2 et z_2 les concentrations correspondantes du liquide eutectique. Posons $a' = a_1 - a_2$, $z' = z_1 - z_2$. Aux faibles concentrations des mélanges étudiés, le rapport des teneurs en argent et en zinc des cristaux est égal à a'/z' à moins de 1 % près.

135 déterminations ont été faites avec des mélanges constitués à partir de

(1) Séance du 16 juin 1947.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, **48**, 1890, p. 25 et **49**, 1891, p. 174.

(3) *Comptes rendus*, **159**, 1914, p. 178.

(4) *Sitz. Akad. Wiss. Wien*, **297**, 1911, p. 70 et *Monat. für Chem.*, **32**, 1911, p. 563.

(5) Hofman, *Metallurgy of lead*, 1918, p. 495.

(6) *Proc. Austr. Min. Metal*, **58**, 1925, p. 495.

plomb à 99,99 %, de zinc à 99,9 % et d'argent à 99,85 %. La protection contre l'oxydation était assurée par une couche fondue de chlorures de zinc et de sodium.

Les résultats sont représentés sur les diagrammes suivants :

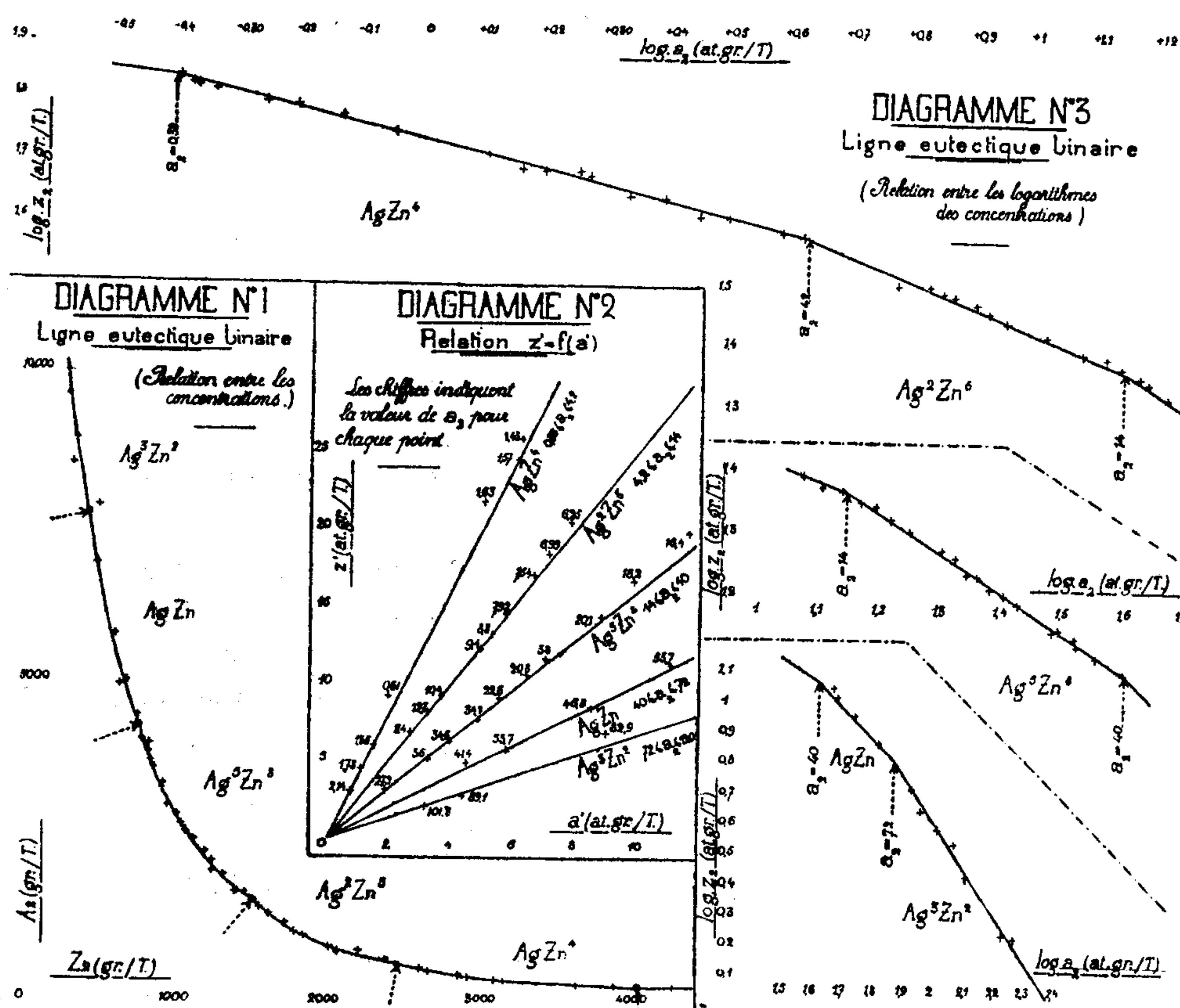


Diagramme n° 1. — $a_2 = f_1(z_2)$ ($a_2 z_2$ exprimés en g/t du mélange).
Diagramme n° 2. — Log $z_2 = f_2(\log a_2)$ (a_2 z_2 en atomes g/t du mélange).
Diagramme n° 3. — $z' = f_3(a')$ ($z'a'$ exprimés en atomes/g.).

Le diagramme n° 1 représente l'eutectique binaire ainsi déterminé. Notre courbe a la même forme que celle de Williams, mais diffère considérablement des tracés antérieurs qui présentaient leur concavité vers le sommet plomb pur du diagramme. Pour une même teneur en argent, la courbe de Williams indique une teneur en zinc plus forte que la nôtre. Cet écart dont nous avons indiqué plus haut la cause a masqué jusqu'ici les régularités que nous observons sur les diagrammes 2 et 3.

Il est remarquable que les points de ces diagrammes soient alignés sur des droites dont la pente est la même pour les points correspondants. Ainsi au long

de l'eutectique binaire nous avons établi les relations suivantes :

Domaine 1	$0,39 \leq a_2 \leq 4,2$	$\log a_2 + \log z_2 = 6,93$	avec	$\frac{a'}{z'} = 4$
» 2	$4,2 \leq a_2 \leq 14$	$2 \log a_2 + 5 \log z_2 = 9,13$	»	$\frac{a'}{z'} = \frac{2}{5}$
» 3	$14 \leq a_2 \leq 40$	$5 \log a_2 + 8 \log z_2 = 16,66$	»	$\frac{a'}{z'} = \frac{5}{8}$
» 4	$40 \leq a_2 \leq 72$	$\log a_2 + \log z_2 = 2,66$	»	$\frac{a'}{z'} = 1$
» 5	$72 \leq a_2 \leq 120$	$3 \log a_2 + 2 \log z_2 = 7,2$	»	$\frac{a'}{z'} = \frac{3}{2}$

Dans les limites de nos essais la température aux divers points de l'eutectique reste voisine de 315°, ce qui permet d'assimiler la courbe à une isotherme sans introduire d'erreurs supérieures aux erreurs expérimentales.

Les relations ci-dessus caractérisent dans chacun des cinq domaines le phénomène de dissociation isotherme d'un composé solide en équilibre avec ses constituants dans la phase liquide, le composé ne formant pas de solution solide et étant complètement dissocié dans la phase liquide.

La désargentation du plomb par le zinc est donc causée par la séparation de l'un de ses composés $AgZn_4$, Ag_2Zn_5, Ag_5Zn_8, $AgZn$, Ag_3Zn_2 qui se forment au cours du refroidissement aux dépens de l'argent et du zinc dissous dans le plomb, chacun ayant son domaine propre dont nous indiquons ci-dessus les limites sur la ligne eutectique.

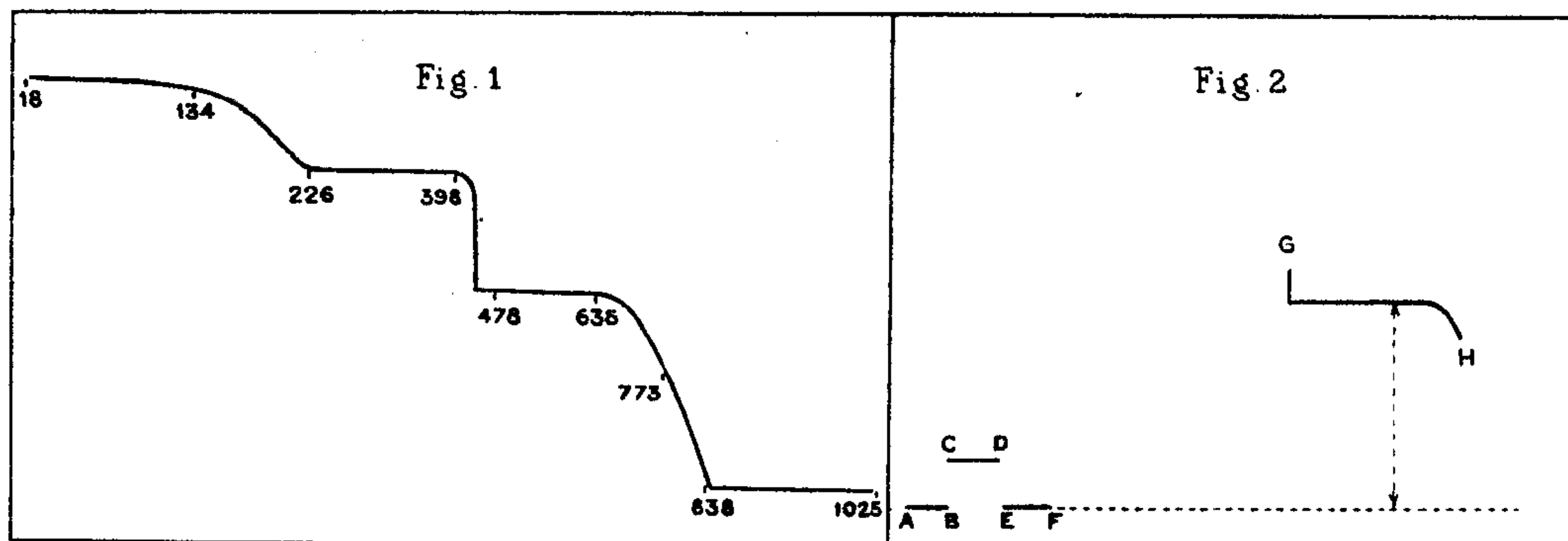
CHIMIE ANALYTIQUE. — *Une étape vers la gravimétrie automatique.* Note de M. **Clément Duval**, présentée par M. Louis Hackspill.

A l'aide de la thermobalance de Chevenard, j'ai tracé la courbe de pyrolyse de très nombreux précipités utilisés en gravimétrie, relatifs aux différents ions de la chimie minérale. L'interprétation des courbes et leur reproduction est en cours de parution dans *Analytica chimica Acta*. Cette étude a permis de fixer à 1° près les températures extrêmes de dessiccation des précipités, indications destinées à suppléer aux données souvent vagues des traités de chimie analytique. Chemin faisant, j'ai rectifié un certain nombre de formules, signalé des réactions nouvelles en chimie minérale et proposé des formes de dosage non retenues jusqu'ici. Je propose maintenant d'aller plus loin et de rendre entièrement automatiques un certain nombre d'opérations de la gravimétrie, *y compris les pesées sur une balance analytique.*

Considérons, par exemple, le dosage bien connu du calcium sous forme d'oxalate que l'on transforme en chaux vive. L'enregistrement photographique de la pyrolyse du monohydrate est reproduit sur la figure 1 (format initial : 24×30^{cm}).

1° De la température ordinaire jusqu'à 100°, le monohydrate est stable et

peut être dosé comme tel. Il perd son eau entre 100° et 226°. 2° De 226° à 398°, nous avons un palier rigoureusement horizontal correspondant à l'oxalate anhydre. 3° Celui-ci perd brusquement la totalité de l'oxyde de carbone à 420°.



De cette température à 660°, nous voyons un autre palier horizontal qui est le domaine du carbonate, autre forme du dosage du calcium. 4° Enfin, ce carbonate se dissocie suivant l'équation bien connue, laissant de la chaux vive, en creuset ouvert, à partir de 840°.

Supposons maintenant le précipité d'oxalate monohydraté recueilli au cours de l'opération analytique habituelle sur un papier filtre. Après lavage, maintien à l'étuve pendant une demi-heure, j'abandonne la marche habituelle et la remplace par les opérations suivantes : 1° Le creuset vide, préalablement calciné, est disposé dans la thermobalance de Chevenard *sans être pesé*. 2° Le rouleau enregistreur est mis en fonctionnement. Le spot trace le trait horizontal AB (*fig.* 2), pendant 5 minutes, le plus bas possible sur le papier. 3° Sur l'étrier fixé à la tige de silice porte-creuset, on laisse pendant 5 minutes un poids de 50^{mg} formé d'un fil d'aluminium contourné, analogue à celui des microbalances et ajusté à 10^{γ} près; le spot décrit l'horizontale CD. 4° On enlève le poids et enregistre la portion horizontale EF pendant 5 autres minutes (opération facultative). 5° On éteint la lampe du spot, bloque le fléau de la balance et garnit le creuset du précipité et du papier filtre. Le poids supplémentaire ainsi ajouté doit être tel que le creuset ne soit pas surchargé à la fin d'une quantité supérieure à $450\text{-}480^{mg}$ (tout au moins pour les appareils actuellement en service). 6° On déclenche le chauffage du four et règle l'aiguille du thermostat, par exemple à 500°, point qui correspond à peu près au milieu du palier du carbonate de calcium. L'opération se poursuit pendant environ 2 heures (si l'on utilise la première vitesse du mouvement d'horlogerie du rhéostat automatique) *indépendamment de l'opérateur.*

Toutefois, lorsque le papier est complètement brûlé (vers 400°), on essaie de débloquer le fléau et s'il oscille, on attend qu'il se stabilise avant de rallumer la lampe du spot. Ce dernier trace alors la portion GH. 7° On développe le papier,

et, après séchage, on mesure la distance de l'horizontale AB, EF au palier du carbonate, à l'aide d'une échelle graduée sur verre en demi-millimètres, distance que l'on compare à celle de AB et de CD, représentant, rappelons-le, 50^{mg}.

On obtient une précision d'un milligramme pour un résidu de 250 à 300^{mg}. Mais, par l'emploi du papier ultra-rapide As de Trèfle et par réglage de la lampe de façon qu'elle ait un faible éclat, j'ai pu enregistrer des traits de 1/10 de millimètre d'épaisseur, ce qui augmente beaucoup la précision. On est évidemment limité par des conditions extérieures à la méthode : produit de solubilité du corps, entraînement inévitable par les liquides de lavage, etc. Il est inutile de faire inscrire à l'appareil les températures croissantes si l'on se reporte aux courbes dont j'ai parlé plus haut et pour lesquelles j'ai réalisé cette opération une fois pour toutes.

La gravimétrie se ramène ainsi à la mesure de deux longueurs et les résultats sont enregistrés sur un document photographique.

J'aurai encore à traiter le cas des creusets de Gooch et des creusets à pastille de verre fritté.

CHIMIE MINÉRALE. — *Tension de dissociation de l'hydrure de potassium.* Note de M. **Albert Hérold**, présentée par M. Louis Hackspill.

Gay-Lussac et Thénard [1] montrèrent en 1811 que le sodium et le potassium chauffés dans l'hydrogène absorbent ce gaz et que la réaction est réversible. Les premières mesures des pressions d'hydrogène en fonction de la température sont celles de Troost et Hautefeuille [2]; elles sont assez imprécises. Depuis, des mesures plus précises ont été effectuées par Keyes [3], Ephraïm et Michel [4], et J.-L. Crenshaw [5].

Ces auteurs ont utilisé, à quelques variantes près, le même appareillage entièrement en verre : l'ampoule contenant la phase liquide K et la phase solide HK, reliée à un manomètre à mercure, est maintenue à température constante. Une pompe permet de faire un bon vide dans l'appareil. On peut mettre celui-ci en communication avec un réservoir d'hydrogène.

Il faut chauffer au-dessus de 250° C. pour avoir des pressions mesurables au manomètre à mercure. Dans ces conditions, le potassium distille hors de l'ampoule et se dépose sur les parties plus froides de l'appareil, où il se recombine partiellement à l'hydrogène. On ne peut donc obtenir d'équilibre stable, ce qui explique les écarts de plus de 20 % entre les résultats des auteurs ci-dessus.

(1) *Recherches physico-chimiques*, **1**, 1811, p. 176.
(2) *Comptes rendus*, **78**, 1874, p. 807.
(3) *J. Am. Chem. Soc.*, **34**, 1912, p. 779.
(4) *Helv. Chem. Acta*, **4**, 1921, p. 762.
(5) *J. Am. Chem. Soc.*, **59**, 1937, p. 2015.

Pour éviter cette grave cause d'erreur nous avons utilisé un dispositif déjà employé par Rémy Genneté ([6]) pour l'hydrure de calcium : le calcium était enfermé dans un tube de fer à paroi mince imperméable à sa vapeur mais perméable à l'hydrogène. Mais le fer n'étant pas suffisamment perméable aux températures où nous devions opérer, il a fallu lui substituer le nickel. Le tube utilisé avait 1^{cm} de diamètre, 15^{cm} de longueur et ses parois étaient épaisses de 1,5/10 de millimètre.

L'introduction de l'hydrure, spontanément inflammable à l'air, se fait dans un courant d'hydrogène ainsi que la fermeture du tube par un bouchon de fer bien ajusté. Le tube est alors sorti à l'air; on coiffe l'extrémité portant le bouchon d'un manchon de fer long de $1^{cm},5$ et épais de 1^{mm}. On fond ensemble au chalumeau le manchon, l'extrémité du tube, et le bouchon, le reste du tube étant refroidi dans l'eau. Le tube ainsi fermé de façon parfaitement étanche est placé dans une ampoule de verre que l'on soude au reste de l'appareil. On fait le vide dans celui-ci et l'on porte l'ampoule à la température voulue.

Les pressions d'équilibre ainsi obtenues sont les mêmes, que l'on opère par décomposition de l'hydrure ou par absorption de l'hydrogène par le métal. Elles sont indépendantes des masses d'hydrure et de métal pur contenues dans le tube. L'équilibre est donc parfaitement réversible. Le tableau ci-dessous donne les valeurs numériques obtenues.

Degrés C	314	326,5	339	352	364	376,5	389,5
Pressions en mm Hg	15	25	38	59	89	134	200

Les expériences ont dû être arrêtées à 390° C.; le nickel cesse en effet d'être perméable à l'hydrogène au-dessus de cette température, phénomène sans doute lié à un changement de structure du métal.

Les points obtenus en portant en abscisses les inverses 1/T des températures absolues et en ordonnées les logarithmes décimaux des pressions en millimètres de mercure se placent sur une droite d'équation

$$\log p = -\frac{5850}{T} + 11.2.$$

C'est la formule de Dupré simplifiée, la variation du terme en log T étant négligeable dans l'intervalle de température considéré. On en déduit la chaleur de formation d'une molécule-gramme d'hydrure de potassium : 13340 calories-gramme.

([6]) *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 579.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nitration du diphénylisobenzofuran et de corps apparentés.* Note ([1]) de M. **Serge Ecary**, présentée par M. Marcel Delépine.

Une solution de 2g,5 de nitrate de sodium par litre en acide sulfurique concentré constitue un très bon réactif nitrant pour le diphénylisobenzofuran et ses dérivés.

Le diphénylisobenzofuran, (I), traité pendant 5 minutes à froid par une quantité telle de cette solution que le nitrate se trouve en léger excès par rapport au produit organique, se transforme, avec un rendement de 65 % environ, en un dérivé mononitré rouge. Le même traitement, appliqué au diphényl-1.3 hydroxy-1 isoindanone (II) et au diphénylisobenzothiofène (III), conduit également à des dérivés mononitrés brun et orangé.

L'oxydation chromique de ces trois dérivés nitrés donne un dibenzoylbenzène nitré, identique à celui qu'on obtient par nitration du dibenzoylbenzène suivant la même méthode. Le groupement nitro se trouve donc placé à la même position dans ces quatre molécules. La recherche de cette position a été faite sur le dibenzoylbenzène nitré, ce produit étant le terme final de l'oxydation des trois autres; il est d'autre part plus facilement accessible.

En utilisant une méthode de scission, il fallait, pour résoudre ce problème, passer soit à un dérivé nitré de l'acide phtalique, soit à un dérivé nitré de l'acide benzoylbenzoïque. Ce sont en effet les seuls produits nitrés de référence auxquels nous pouvions espérer aboutir par scission du nitro-dibenzoylbenzène.

L'étude de cette scission a d'abord été faite sur le dibenzoylbenzène non nitré. Les actions alcaline ou oxydante n'ayant pas donné de résultat, nous nous sommes tourné vers la transposition de Beckmann. Appliquée à la monoxime du dibenzoylbenzène [la dioxime ne se fait pas ([2])], cette transposition conduit à l'*o*-benzoylbenzanilide (IV). Nous l'avons vérifié en préparant ce produit par la méthode de Meyer ([3]) : condensation de l'aniline sur le chlorure de l'acide benzoylbenzoïque. Nous avons rencontré là une petite difficulté : la transposition de Beckmann conduit surtout à la forme vraie de l'*o*-benzoylbenzanilide tandis que la méthode de Meyer donne surtout la forme pseudo. Pour obtenir la même forme dans les deux cas, on isomérise la partie de l'anilide qui se trouve sous forme pseudo avant de prendre un point de fusion mélangé.

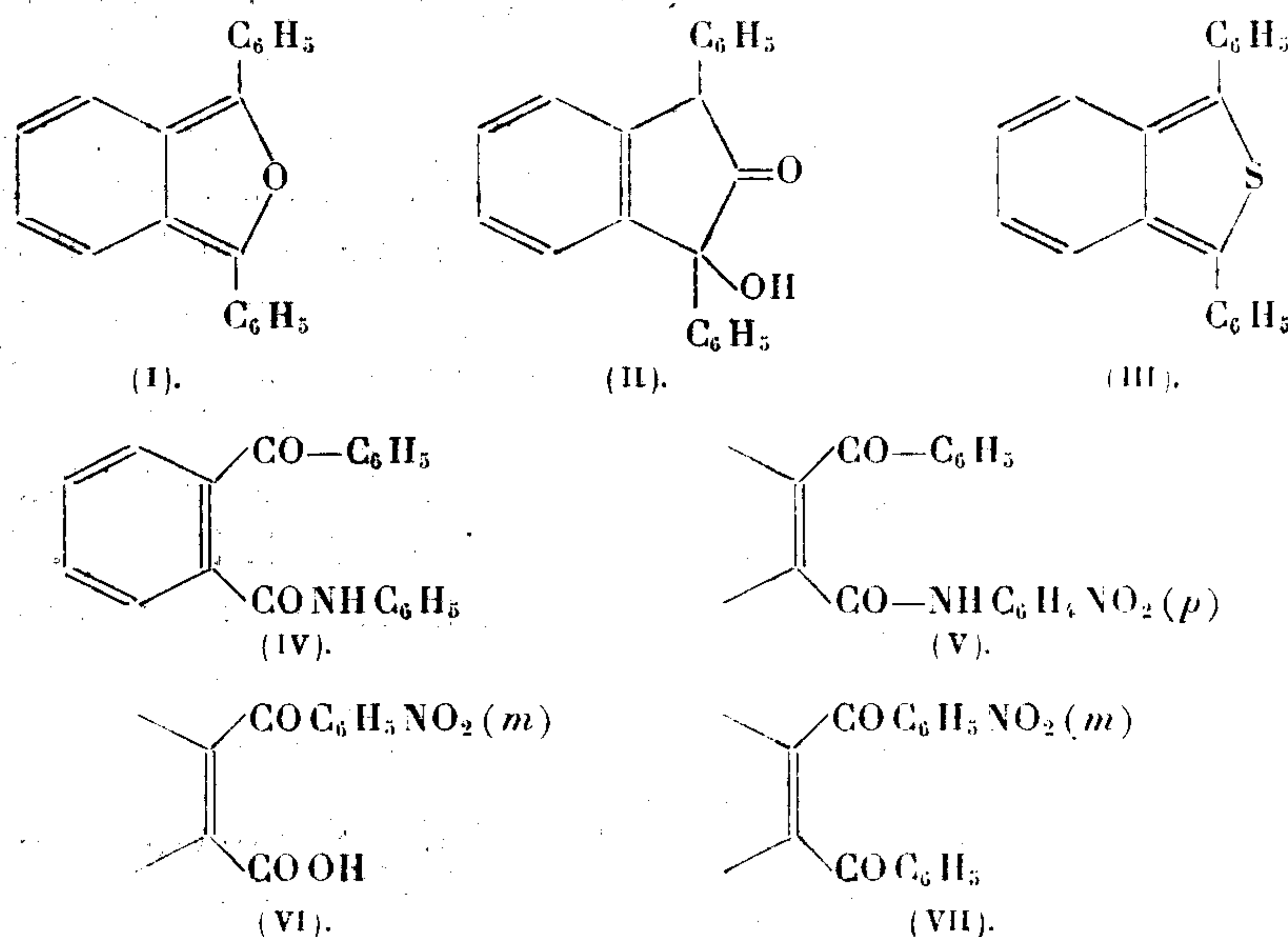
La saponification de cet anilide est difficile. Elle ne se produit qu'en présence de soude concentrée, en tube scellé à 200°. Dans de telles conditions, elle est loin d'être complète et surtout elle a l'inconvénient d'être inapplicable

([1]) Séance du 16 juin 1947.
([2]) Guyot et Catel, *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, 35, 1906, p. 1140.
([3]) *Monatsh. J. chem.*, 28, 1907, p. 1226.

en présence d'un groupement NO_2, ce qui a été confirmé par des essais préliminaires.

Espérant préparer plus facilement le nitro *o*-benzoylanilide obtenu par transposition de Beckmann sur l'oxime du nitrodibenzoylbenzène et qu'il s'agissait de saponifier, nous avons nitré, par la méthode précédemment décrite, l'*o*-benzoylbenzanilide obtenu par la méthode de Meyer. Nous pensions, par la même occasion, étendre la réaction à ce produit dont la structure est apparentée à celle du dibenzoylbenzène (il possède, comme celui-ci, deux carbonyles en ortho). Or, cette nitration conduit à un nitrobenzoylbenzanilide différent de celui qui provient de la transposition de Beckmann. Circonstance heureuse, au contraire du précédent, il s'hydrolyse très facilement en acide benzoylbenzoïque et *p*-nitraniline, ce qui nous a permis de lui donner la formule (V). Nous tenions donc là une méthode qui permettait l'hydrolyse de notre nitrobenzoylbenzanilide. Effectivement, la nitration de ce produit donne un anilide dinitré F 162° qui s'hydrolyse très facilement par un court chauffage dans la soude diluée. On obtient, outre la *p*-nitraniline prévue, un acide nitrobenzoylbenzoïdique F 186° qui s'est révélé être identique à celui préparé par Lang ([4]) par nitration directe de l'acide benzoylbenzoïque. Rainer ([5]) a attribué à cet acide la formule (VI) : acide *o*-(*m*-nitrobenzoyl) benzoïque.

Cette constatation nous a donc permis de conclure que le groupement nitro, dans la nitration du dibenzoylbenzène et par conséquent dans celle des autres produits étudiés, se place en méta sur un des phényles extérieurs. Le nitrodibenzoylbenzène a donc la forme (VII).



([4]) *Monatsh. J. chem.*, **26**, 1905, p. 971.
([5]) *Monatsh. J. chem.*, **29**, 1908, p. 177.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les produits de l'hydrogénation catalytique de l'aldéhyde α-méthyl-para-isopropyl-hydrocinnamique (aldéhyde cyclamen).* Note de M. **Yves-René Naves**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'aldéhyde α-méthyl-para-isopropyl-hydrocinnamique (aldéhyde cyclamen) a été préparé en 1919 par E. Blanc. La fabrication de cet important parfum synthétique fut aussitôt étudiée et réalisée sur les indications de ce chimiste par A. St. Pfau et tenue longtemps secrète au bénéfice de MM. Givaudan et Cie. Le procédé original consistait en la condensation de l'aldéhyde cuminique et de l'aldéhyde propylique suivie de l'hydrogénation sélective de la liaison éthylénique de l'aldéhyde α-méthyl-para-isopropyl-cinnamique obtenu. Cette hydrogénation livre en même temps et en proportions plus ou moins fortes l'alcool aromatique saturé.

Ce procédé fut sommairement décrit par Michelet (1); il a fait l'objet de plusieurs brevets (2), (3). On a fabriqué ultérieurement l'aldéhyde cyclamen en faisant réagir l'acide formique sur l'acide α-méthyl-para-isopropyl-hydrocinnamique obtenu par l'action du chlorure de cuminyle sur l'ester méthylmalonique sodé (4), ou en isomérisant l'époxyde préparé à partir de la chlorhydrine résultant de la réaction du chlorure de cuminyl-magnésium sur la chloracétone (5).

L'aldéhyde α-méthyl-para-isopropyl-cinnamique (I) et l'aldéhyde cyclamen (II) n'ont été que très insuffisamment décrits. Voici les caractères de nos préparations les plus pures : (I) $É_3$ 130-130°,5; d_4^{20} 0,9866; n_C^{20} 1,57725; n_D^{20} 1,58438; n_F^{20} 1,60168; $(n_F-n_C)\times 10^4$ 244,3; R_D tr. 63,85; R_D calc. 58,17. (II) $É_2$ 108-108°,5; d_4^{20} 0,9502; n_C^{20} 1,50251; n_D^{20} 1,50684; n_F^{20} 1,51733; $(n_F-n_C)\times 10^4$ 148,2; R_D tr. 59,54; R_D calc. 58,64. La semicarbazone de l'aldéhyde cyclamen fond à 172-172°,5 (corr.) et la dinitro-2.4-phénylhydrazone, à 112-112°,5 (corr.).

L'alcool α-méthyl-para-isopropylhydrocinnamique est aisément obtenu en hydrogénant l'aldéhyde α non saturé ou l'aldéhyde cyclamen à la température du laboratoire et à la pression atmosphérique, en milieu alcoolique, en présence de nickel de Raney, ainsi que l'a récemment établi M. Delépine dans le cas de l'aldéhyde cyclamen (6). Cet alcool a été décrit initialement par Du Pont de Nemours (7), ainsi que l'ester acétique; MM. Palfray, Sabetay et Reynaud (8) viennent de décrire ces corps à nouveau, avec des constantes

(1) *Bull. de la Société Chimique de France*, 4e série, 51, 1932, p. 52; *Revue des Marques de la Parfumerie*, 11, 1933, p. 156.

(2) *Winthrop Chemical Corporation*, brevet américain 1 844 013 (1929); *E. I. du Pont de Nemours*, brevets américains 2 102 965 (1936) et 2 184 526 (1937).

(3) *Jachilewitsch*, brevet russe 58 173 (1938).

(4) *Société des Usines chimiques Rhône-Poulenc*, brevet américain 2 242 322 (1937).

(5) Cf. Labaune, *Thèse*, Paris, 1931, p. 19.

(6) Delépine, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1399.

(7) Brevet américain 2 184 526 (1937); Voy. Elisееva et Bag, brevet russe 66 301 (1946).

(8) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 940.

pour ainsi dire identiques. L'alcool que nous avons purifié en préparant son ester borique a pour caractères : $É_4$ 130-130°,5; d_4^{20} 0,9496; n_C^{20} 1,50773; n_D^{20} 1,51180; n_F^{20} 1,52168; $(n_F - n_C).10^4$ 139,5; R_D trouvé 60,70; R_D calculé 60,16, et son ester acétique : $É_2$ 120-120°,5; d_4^{20} 0,,9669; n_C^{20} 1,48973; n_D^{20} 1,49371; n_F^{20} 1,50336; $(n_F - n_C).10^4$ 136,3; R_D trouvé 70,47; R_D calculé 69,52. J'ai préparé l'allophanate qui fond à 171-172° (corr.).

Palfray et ses collaborateurs ont étudié l'hydrogénation de l'aldéhyde cyclamen sur le nickel Raney à hautes température et pression. Ils ont supposé avoir obtenu l'alcool α-méthyl-para-isopropylhexahydrophénylpropylique et l'hydrocarbure correspondant. Nous avons répété leur opération, mais nos conclusions sont quelque peu différentes des leurs. Il semble que le noyau benzénique n'ait pas été hydrogéné à fond. Nous avons en effet obtenu des produits analogues à ceux qu'il ont décrits, mais il s'agit d'un mélange d'alcools non saturés, accompagné, non pas du carbure $C_{13}H_{26}$, mais d'un liquide de composition $C_{13}H_{22}$: $É_2$ 61-62°; d_4^{20} 0,8351 ; n_C^{20} 1,46561 ; n_D^{20} 1,46882; n_F^{20} 1,47659; $(n_F - n_C).10^4$ 109,8; R_D trouvé 59,40; R_D calculé pour $C_{13}H_{22}$ et F_2 59,10.

En opérant l'hydrogénation en l'absence d'alcool, à 280-290°, sous 160 à 175^{kg} H_2 par cm^2, dans un autoclave oscillant gaîné de Pyrex, j'ai obtenu presque exclusivement l'hydrocarbure saturé $C_{13}H_{26}$ (vraisemblablement le mélange des stéréoisomères *cis* et *trans*); $É_{12}$ 88°; d_4^{20} 0,8135; n_C^{20} 1,44646; n_D^{20} 1,44883; n_F^{20} 1,45457; $(n_F - n_C).10^4$ 81,1; R_D trouvé 60,05; R_D calculé 60,03 Ce produit ne colore pas la solution chloroformique de tétranitrométhane.

On peut obtenir l'alcool hydrogéné sur le noyau benzénique à l'aide du catalyseur Pt (O_2) Adams, en partant de l'aldéhyde α-méthyl-para-isopropyl-cinnamique, de l'aldéhyde cyclamen ou de l'alcool correspondant à celui-ci, mais l'hydrogénation de l'ester acétique de ce dernier est particulièrement aisée. On obtient, en opérant à 60°, en présence d'acétate d'éthyle, à la pression atmosphérique, et avec un rendement sensiblement théorique, l'acétate alicyclique, dont la saponification libère l'alcool. Celui-ci donnant un seul allophanate fondant à 120,5-121° (corr.) est vraisemblablement le stéréo-isomère *cis*. C'est un produit très visqueux, à odeur forte de bois de cèdre. Caractères de l'ester acétique : $É_{2,5}$ 122-123°; d_4^{20} 0,9220; n_C^{20} 1,45331; n_D^{20} 1,45571; n_F^{20} 1,46152; $(n_F - n_C).10^4$ 82,1; R_D trouvé 70,80; R_D calculé 70,92. Caractères de l'alcool : $É_{1,7}$ 116-117°; d_4^{20} 0,9033; n_C^{20} 1,46760; n_D^{20} 1,47002; n_F^{20} 1,47590; $(n_F - n_C).10^4$ 83,0; R_D trouvé 61,22; R_D calculé 61,56.

La composition de tous les produits décrits ici a été vérifiée par leurs microanalyses élémentaires (effectuées par M[lle] D. Hohl).

Il serait intéressant de préparer et de comparer non seulement les isomères *cis* et *trans* des produits alicycliques, mais encore les isomères optiquement actifs de l'aldéhyde cyclamen et de ses divers produits d'hydrogénation.

TECTONIQUE. — *Sur les relations entre le Viséen et son substratum cristallophyllien, entre Balbigny et Violay, et sur le problème de l'âge du Cristallophyllien de la zone lyonnaise.* Note de M. **André Demay**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

La région comprise entre Balbigny et Violay a fait l'objet de travaux anciens d'Auguste Michel-Lévy, d'une étude minutieuse de M. Albert Michel-Lévy, en 1908, dans le cadre plus large de sa Thèse, et de deux Notes de MM. Jung et Raguin en 1935 et 1936.

Les recherches que j'ai poursuivies depuis 1945 me permettent de présenter des observations nouvelles sur cette région, une des rares où l'on puisse aborder de manière concrète le problème de l'âge du Cristallophyllien de la zone lyonnaise.

Les grès et poudingues, avec lentilles calcaires, du Viséen inf. et le Cristallophyllien épi et mésométamorphique sur lequel ils reposent accusent des plongées variables, WNW ou NW, exceptionnellement N ou NE, de 30 à 50°, sans qu'on puisse noter une différence systématique entre la valeur du pendage dans les deux séries.

En plusieurs points, à petite distance du contact, non visible, l'allure est nettement concordante. Près de la gare de Bussières, on pourrait songer à une discordance; mais le redressement des deux termes près du contact ne permet pas d'exclure l'hypothèse d'un accident ou pli brusque.

J'insisterai particulièrement sur la coupe de la voie ferrée au nord du Château au Mont, entre Balbigny et Néronde. Dans le Viséen et dans la série métamorphique, les pendages sont presque toujours NW ou WNW, de 30 à 40°. Mais à hauteur du petit ravin sud de Bonnefond, les deux séries accusent une ondulation synclinale ou un simple palier dans un ensemble à plongée générale NW.

Dans le petit bois, à l'est de la voie, j'ai observé, en *concordance, avec des pendages faibles, un grès grossier, où le microscope m'a montré des microgalets de quartzite à muscovite et de microgranite et qui appartient certainement au Viséen,* dont les poudingues affleurent tout près de là, puis *un grès fin, présentant, comme le précédent, de faibles traces de recristallisation de la chlorite, enfin un schiste grèseux métamorphique, à lentilles de quartz, biotite altérée, séricite et chlorite,* où j'ai distingué, dans une plaque, un microgalet probable de schiste séricіteux et chloriteux.

A quelque 50 mètres affleurent des *schistes amphiboliques et chloriteux,* également peu inclinés, puis, vers le Sud, dans la tranchée de la voie, avec un pendage de 30° NW, des *micaschistes à muscovite, chlorite et biotite,* parfois avec grenats, des *micaschistes feldspathisés* à orthose et oligoclase, puis des gneiss d'injection ou orthogneiss.

Il semble bien qu'ici les deux séries sont concordantes ou que la discordance, s'il y en a une, est très faible.

D'autre part, comme l'avait signalé M. Albert Michel-Lévy en 1908, j'ai observé presque partout une *discontinuité lithologique entre les deux séries* et l'apparition brusque d'un métamorphisme, en général très léger, parfois plus sensible, dans la série inférieure.

Il est plus important encore de noter que, près du contact, en plusieurs points, l'examen direct et le microscope m'ont permis d'observer, dans les poudingues viséens, des galets de grès ou schistes à chlorite, séricite ou muscovite, ou encore des galets de grès non métamorphique, contenant des microgalets de schistes séricíteux et chloriteux, accusant par ce double remaniement *l'emprunt d'éléments détritiques à une série métamorphique identique à la série inférieure.*

En sens inverse, dans la tranchée au nord du ravin de Bonnefond ou à son voisinage, j'ai observé des schistes grèseux roses, qui comprennent des lits de galets un peu incertains et où le métamorphisme apparaît, au microscope, nul par place et à côté faible, mais certain, avec des lits de chlorite enchevêtrée et de séricite. Dans quelques échantillons, on distingue des *microgalets de quartzites ou schistes séricíteux et chloriteux.* Sur ce point, *la base du Viséen semble avoir subi un métamorphisme de même degré que celui du sommet de la série inférieure.*

La série inférieure, si elle comprend bien des tufs volcaniques et des andésites, est formée surtout de grès quartzeux et de pélites métamorphisés.

Ses faciès et ceux des gneiss d'injection ou orthogneiss intercalés, évoqués plus haut, sont, à bien des égards, analogues à ceux des termes supérieurs du Cristallophyllien de la zone lyonnaise qui se prolonge d'ailleurs axialement dans la région que nous venons de décrire. Les micaschistes et gneiss de Violay ne peuvent être séparés de ceux qui affleurent au sud de Tarare.

De ces observations, on peut conclure que, dans la région comprise entre Balbigny et Violay, le Viséen est, dans l'ensemble, à peu près concordant avec une série épi- et mésométamorphique sous-jacente, mais transgressif sur cette série, dont le métamorphisme essentiel est antérieur aux poudingues viséens. Dans une zone limitée, un métamorphisme plus récent, de même degré que celui de la partie supérieure de la série précédente, a affecté la base du Viséen, c'est-à-dire le Viséen tout à fait inférieur ou le Tournaisien.

Si l'âge du métamorphisme essentiel de la série inférieure et celui du Cristallophyllien de la zone lyonnaise, qui est presque certainement le même, ne peuvent être fixés avec certitude, du moins paraît-il maintenant très probable qu'il s'agit d'un *métamorphisme hercynien antéviséen* et que les termes les plus hauts peuvent y être dévoniens.

Ces conclusions s'accordent, dans l'ensemble, avec l'interprétation proposée en 1908 par M. Albert Michel-Lévy. Si l'on tient compte en outre de ses obser-

vations en 1936, dans la vallée de l'Azergue, l'hypothèse la plus vraisemblable est que la *phase orogénique essentielle de la zone lyonnaise est une phase hercynienne antéviséenne, dont la répercussion amortie à l'Ouest a donné lieu à la discordance de transgressivité, peut-être en certains points, sans que nous en ayons la preuve, à une véritable discordance du Viséen sur la série inférieure métamorphique*. Une phase hercynienne post-viséenne a eu ensuite une importance inégale suivant les régions. C'est à elle qu'on doit attribuer les déformations parfois très sensibles et presque tout le plissement apparent dans la région de Balbigny et de Néronde.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Les bandes négatives de l'azote dans le spectre du ciel crépusculaire*. Note (1) de MM. **Maurice Dufay** et **Jean Dufay**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Les bandes du premier système négatif de la molécule d'azote ionisée, caractéristiques des aurores polaires, sont absentes ou très faibles dans le spectre du ciel nocturne. Cependant Slipher (2) a annoncé en 1933 qu'à l'Observatoire Lowell (Arizona) de courtes poses lui permettaient de les photographier soit à la fin du crépuscule, soit au début de l'aube. Le même phénomène a été observé plus tard par Elvey (3), encore aux États-Unis, et par Vegard et Tönsberg (4) en Norvège. Mais, entre temps, Cario en Allemagne et Gauzit (5) en France n'étaient pas parvenus à le mettre en évidence.

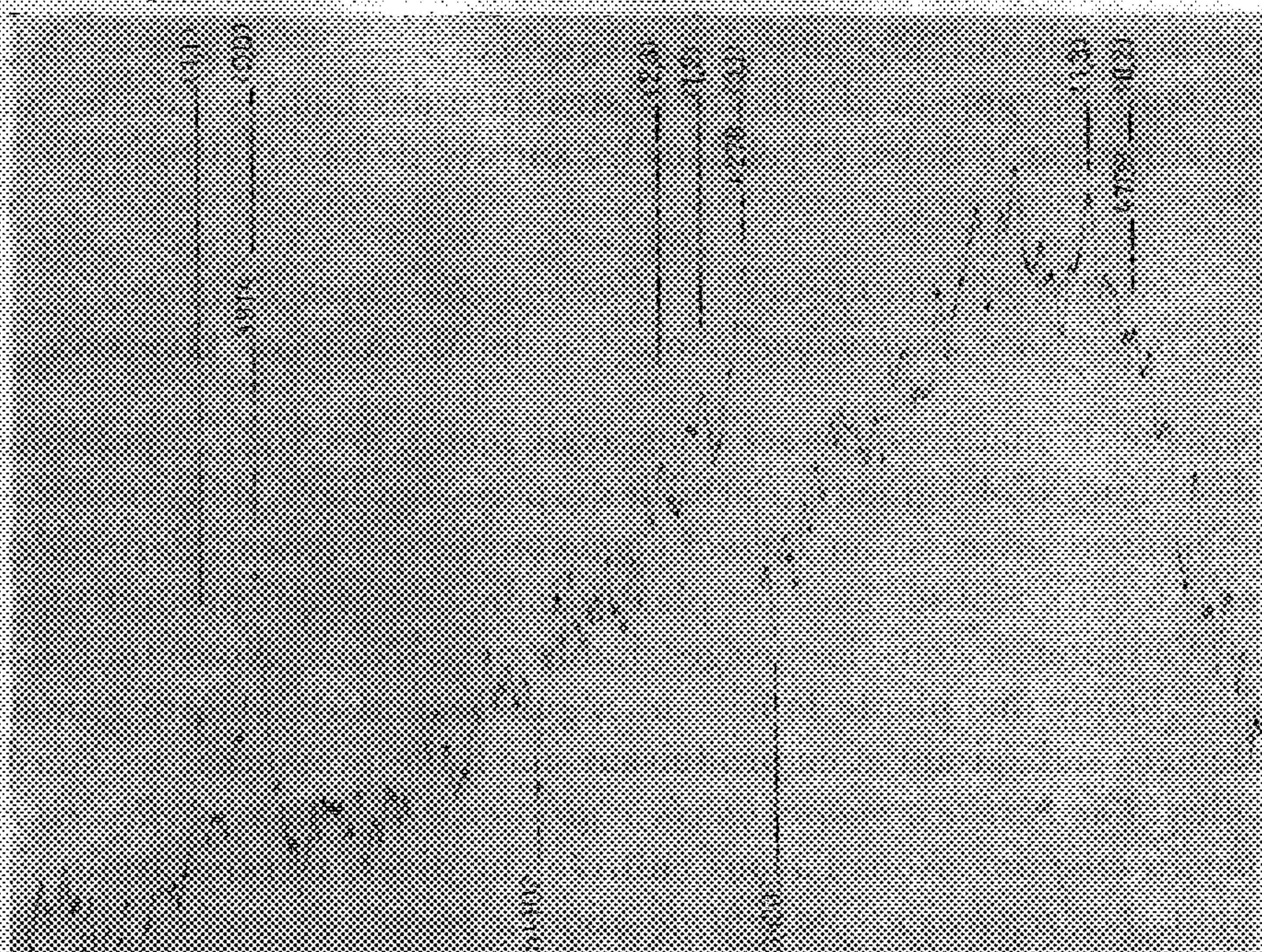
En présence de ces résultats d'apparence contradictoire, nous avons entrepris de photographier régulièrement le spectre du ciel au crépuscule, tantôt à l'Observatoire de Haute Provence, tantôt à l'Observatoire de Lyon. Dans la première station nous disposons d'un spectrographe de quartz d'Arnulf et Lyot (6), ouvert à F/2; dans la seconde d'un spectrographe de verre, ouvert à F/1,5, deux fois plus dispersif, mais qui absorbe déjà notablement la bande négative la plus intense à 3914 Å. Le spectrographe est pointé vers l'Ouest, à une hauteur comprise entre 10° et 20°. Les poses, de durées croissantes, débutent quand la dépression du Soleil au-dessous de l'horizon atteint environ 9°, et s'achèvent bien après la fin du crépuscule.

2. Les clichés obtenus ainsi dans des conditions rigoureusement comparables montrent que *l'excitation des bandes négatives au crépuscule est un phénomène tout à fait irrégulier*. Depuis la fin d'août 1946, en effet, les bandes n'ont été sûrement mises en évidence que pendant une dizaine de crépuscules sur près de 60,

(1) Séance du 23 juin 1947.
(2) *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **93**, 1933, p. 666.
(3) *Reviews of Modern Physics*. **14**, 1942, p. 140.
(4) *Geofysiske Publikasjoner Oslo*, **13**, 1941, n° **1**.
(5) *Annales d'Astrophysique*, **1**, 1938, p. 334.
(6) *Ibid.*, 5, 1943, p. 21.

et 3 fois seulement elles ont montré une grande intensité. Avec nos spectrographes, les conditions d'observation les plus favorables sont réalisées lorsqu'au début de la pose l'atmosphère est éclairée, dans la direction visée, à partir d'une altitude z_0 de 90 à 100^{km}.

La figure ci-dessous montre l'enregistrement d'un spectre obtenu le 22 septembre 1946 avec le spectrographe de verre, en posant 20 minutes à 17°,5 de l'horizon. Pendant cette pose l'altitude z_0 a varié de 93 à 144^{km}.



Cependant, lorsque les bandes sont exceptionnellement intenses, on peut les photographier plus tôt avec des poses plus courtes, ou plus tard avec des poses plus longues. Ainsi, le 22 septembre, on les distinguait déjà malgré la grande intensité du fond continu, sur des spectres posés 10 et même 5 minutes, correspondant respectivement à $73 < z_0 < 93^{km}$ et $63 < z_0 < 73^{km}$. Elles étaient encore faiblement visibles, sans trace de spectre continu, sur une pose tardive de 95 minutes, correspondant à $z_0 > 144^{km}$.

3. L'ensemble de nos observations suggère l'existence d'une relation entre l'intensité des bandes négatives au crépuscule et l'agitation magnétique. La série continue du 21 au 28 septembre est, à ce point de vue, caractéristique. Dans le Tableau ci-dessous, on a inscrit, au-dessous du caractère magnétique évalué à Chambon-la-Forêt suivant l'échelle française de 0 à 7, l'intensité des bandes chiffrée arbitrairement de 0 à 5 (le chiffre 0 signifie que les bandes sont invisibles).

Septembre	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.
Agitation magnétique	3	6	4	2	1	1	3	4
Intensité des bandes	0?	5	1	0?	0	0	1/2	1

Le 22 septembre, où les bandes étaient certainement plus fortes que pendant bien des aurores caractérisées, il s'est produit un violent orage magnétique (7). D'après les renseignements qui nous ont été communiqués par M. Carl Störmer, des aurores ont été observées en Norvège les 21, 22, 23 et 28 septembre.

4. Ainsi, l'excitation des bandes négatives de l'azote au crépuscule s'apparente sans doute aux aurores polaires et plus particulièrement aux aurores éclairées par le Soleil, puisque, dans tous les cas, nous avons vu les bandes disparaître ou s'affaiblir considérablement dès le début de la nuit.

Le remarquable développement des séquences $v' - v'' = -1$ et -2 observé le 22 septembre, rappelle d'ailleurs la structure des bandes dans les aurores *bleues* éclairées par le Soleil (8) et dans les aurores de basse latitude (9).

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Une nouvelle variété de Ricin; son importance économique.* Note (1) de M. Armand Hérisset.

La pénurie de matières grasses nous avait incité, dès 1941, à pratiquer des essais de culture d'oléagineux. Parmi les espèces étudiées, nous nous sommes particulièrement intéressé au *Ricinus Communis* L. qui fournit des rendements supérieurs à ceux réalisés avec les plantes indigènes et qui produit une huile pouvant s'adapter à tous les usages industriels. Nous avons tout d'abord cherché à obtenir une plante mûrissant régulièrement sous notre climat avec un rendement satisfaisant et en produisant une huile présentant les constantes habituelles : *Une variété a montré qu'elle réalisait ces conditions et elle s'est révélée stable depuis cinq ans.* Nous l'avons cultivée sur divers terrains argilo-siliceux de l'Anjou. *Les rendements varient de* 1600 *à* 2000kg *de graines à l'hectare.* Cette culture est donc parfaitement rentable, puisque les graines pourraient être payées au producteur sur la base de 30fr le kilogramme. Jusqu'à présent, le Ricin n'a pas été attaqué par des parasites animaux ou végétaux.

Les *graines* de forme ovoïde, aplaties, convexes sur le dos, portent un raphé bien visible sur la face plane. L'extrémité supérieure présente une caroncule légèrement bilobée. La surface lisse et brillante varie du brun foncé au gris; elle présente des marbrures brun rougeâtre. On observe les téguments et l'anatomie habituels. Les caractéristiques des graines des deux dernières récoltes sont les suivantes :

(7) *Terrestrial Magnetism*, 51, 1946, pp. 564, 568, 574, 578.

(8) C. Störmer, *Terrestrial Magnetism*, 44, 1939, p. 7.

(9) J. Dufay, *Cahiers de Physique*, Cahier n° 6, 1941, p. 71; D. Barbier, *Annales de Géophysique* (sous presse).

(1) Séance du 23 juin 1947.

Origine.	Dimensions moyennes des graines.	Poids moyen des graines.	Teneur en eau du poids frais (%).	Teneur en eau du poids sec (%).	Teneur en huile du poids frais (%).	Teneur en huile du poids sec (%).
	mm mm mm	g				
Récolte 1945...	10,47 × 6,62 × 4,82	0,1865	5,17	5,45	48,21	50,84
» 1946...	11,41 × 7,38 × 5,38	0,191	7,12	7,66	47,35	50,98

L'huile obtenue est un liquide épais, visqueux, limpide, légèrement teinté de jaune, présentant l'odeur et la saveur habituelles, soluble dans son volume d'alcool à 95°. Elle présente les caractéristiques suivantes :

Origine.	Densité 18°.	Indice réfract. $^{D}_{18°}$.	Viscosité C.G.S. à 18°.	Acidité % (en KOH).	Indices saponif.	Indices iode.	Indices acétyle.
Récolte 1945...	0,961	1,4794	11,6	0,70	183,55	86,58	180,21
» 1946...	0,958	1,4787	-	0,67	179,80	81,86	179,87

Le produit obtenu, conforme au type habituel, convient aux multiples usages de l'huile de ricin. Il est de plus parfaitement utilisable dans l'industrie des peintures. Après déshydratation, l'huile présente des qualités qui la classent, pour cette utilisation, entre l'huile de lin et l'huile de bois de Chine.

Les tourteaux constituent un excellent engrais, mais il serait intéressant de pouvoir les utiliser également pour l'alimentation des animaux. *Nous avons donc été amené à déterminer leur teneur en ricine* : après divers essais, nous avons mis au point une technique, qui est une modification de la méthode de Brioux et Guerbert ([2]), utilisée par ces auteurs pour la recherche de la ricine dans les tourteaux d'arachides : on sait que la ricine en solution dans l'eau salée isotonique présente la propriété d'agglutiner les hématies des Mammifères et des Oiseaux. On concentre la ricine de 1^{g} de tourteaux par précipitation au moyen de $SO_4(NH_4)_2$ et redissolution du précipité dans l'eau salée. Dans notre technique, la solution mère ainsi obtenue (et qui renferme toujours sous le même volume, la toxalbumine contenue dans le même poids de tourteaux) est diluée successivement, par un procédé analogue à celui utilisé dans le sérodiagnostic de Widal; on obtient ainsi la série suivante :

Nombre de gouttes de la solution mère......	20	10	4	2	1
Eau salée isotonique......................	0	10	16	18	19
Dilution..........................	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{20}$
Nombre de gouttes de la solution mère au $\frac{1}{10}$.	4	2	1	...	0
Eau salée isotonique......................	16	18	19	...	20
Dilution..........................	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{200}$	...	*témoin*

On ajoute dans chaque tube, une goutte de suspension de globules de cobaye dans l'eau physiologique. Afin d'avoir des résultats comparables, on emploie

([2]) *Les tourteaux accidentellement ricinés* (*Ann. fals. et fr.*, 13, 1920, p. 150).

une suspension ayant toujours la même densité optique, vérifiée à l'électrophotomètre. On porte à l'étuve à 37° et on lit au bout de 15', 30', 1 heure. D'autre part, nous substituons la centrifugation à la filtration, afin de recueillir la totalité des précipités; enfin nous supprimons le passage d'une heure à 70°, puisque nous opérons sur du ricin pur, sans arachides. Au bout de 30', avec des tourteaux frais, dégraissés à froid à l'éther, on observe, en général, une agglutination complète jusqu'à une dilution de 1/20; au bout d'une heure, l'agglutination est nette jusqu'à une dilution de 1/100 ou 1/200; cette méthode permet ainsi une comparaison facile de la teneur en ricine suivant les lieux de récolte, et une appréciation de l'efficacité des agents destructeurs de cette toxine : de qualitative qu'elle était, cette méthode est devenue quantitative.

La présente campagne verra une grande extension de nos essais, mais il est permis d'affirmer, dès à présent, que la culture de cette variété de Ricin mérite d'être fortement encouragée, car sa diffusion présente un intérêt économique de tout premier ordre.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Remarques sur les phénomènes de fragmentation vacuolaire chez* Pinguicula vulgaris *L.* Note de M. **Charles Désiré**, présentée par M. Joseph Magrou.

Les cellules glandulaires des feuilles de *Pinguicula vulgaris* L. possèdent au repos une grande vacuole incolore où le rouge neutre détermine d'abondants précipités sphériques ([1]). Cette structure subit des modifications considérables après la capture d'un insecte. Les glandes sessiles sécrètent un liquide acide et le contenu cellulaire brunit en prenant un aspect granuleux ou réticulé (Darwin, Mirimanoff). Les glandes pédicellées ont été pour la plupart détruites par les mouvements de l'insecte. Ce sont des organes de capture. Mirimanoff a étudié à l'aide du rouge neutre les modifications cellulaires au contact d'une proie. Ce colorant donne des images extrêmement nettes. On voit que l'aspect granuleux ou réticulé est produit par une foule de petites vacuoles gobuleuses ou filamenteuses dont l'aspect change d'un instant à l'autre. Il y a eu fragmentation très poussée de la grande vacuole unique existant à l'état de repos.

En observant ces figures il nous a paru utile de préciser certains points et de compléter les travaux précédents. Tout d'abord, le rouge neutre met en évidence une différence de structure physique entre les vacuoles au repos et les vacuoles fragmentées. Dans le premier cas le colorant détermine des précipités sphériques, dans le second il colore avec intensité les petites vacuoles d'une façon homogène comme celles des cellules méristématiques. Il y a donc eu

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 140, 1946, p. 265.

concentration du contenu vacuolaire; le volume des petites vacuoles est nettement plus faible que celui de la grande vacuole initiale. Les vacuoles ont perdu de l'eau au profit du cytoplasme. Mangenot a décrit des phénomènes identiques dans les tentacules de *Drosera rotundifolia* et *Drosophyllum lusitanicum*. Cet état est réversible et nous avons pu observer chez *Pinguicula vulgaris* L. le retour à la vacuole unique. Retirons l'insecte et suivons dans une glande sessile l'évolution du vacuome très fragmenté. On voit peu à peu les petites vacuoles se fusionner. Les nouvelles vacuoles restent colorées avec intensité; leur nombre diminue tandis que leur taille s'accroît et elles prennent parfois l'aspect de sphères volumineuses. Au bout de quelques heures, il n'existe plus qu'une ou deux grandes vacuoles dont le contenu pâlit et devient rose tandis qu'apparaissent des précipités sphériques intra-vacuolaires. On est revenu à l'état de repos. Les cellules sont toujours vivantes, comme le montrent les courants cytoplasmiques actifs. En enlevant l'insecte on a supprimé la cause de la fragmentation.

Nous avons obtenu, en l'absence de toute proie, la fragmentation de la vacuole unique des cellules glandulaires, en lésant par grattage avec une aiguille lancéolée la face supérieure d'une feuille où les glandes sessiles étaient au repos. Au bout de 24 à 48 heures, les cellules des glandes proches de la région nécrosée présentaient une fragmentation très nette de leurs vacuoles. Chez certaines glandes, seule la région regardant la plage traumatisée montrait une multiplication des vacuoles. Parfois, dans la nature, une cellule d'une glande est lésée et meurt; les deux cellules voisines présentent alors un vacuome très fragmenté. Ces deux derniers cas sont à rapprocher des observations faites par Mangenot sur *Oxalis acetosella* et par Chaze et Sarazin (*Ann. Sc. Nat. Bot.*, 10ᵉ série, 18), sur les cellules de *Psalliota campestris* proches de tissus parasités par le Mycogone. La fragmentation vacuolaire peut donc être déclenchée par la présence de cellules en voie d'autolyse.

Les remarques précédentes vont nous permettre de tenter une interprétation des phénomènes de fragmentation vacuolaire dans le cas particulier de *Pinguicula vulgaris* L. En effet, les travaux de Darwin et de Mirimanoff n'insistent pas sur le fait que la fragmentation intéresse des cellules glandulaires et non pas des cellules épidermiques banales comme chez *Drosera* et *Drosophyllum*. Chez *Pinguicula vulgaris* L. on peut donc se demander si la fragmentation des vacuoles est due au travail de sécrétion de la glande ou à l'absorption de substances provenant, soit de l'action de diastases protéolytiques, soit tout simplement de l'activité bactérienne (Olivet et Mirimanoff). Vraisemblablement le travail élaborateur de la glande et l'absorption agissent tous deux sur l'état des vacuoles, mais nous pensons que le dernier phénomène joue un rôle prépondérant. En effet les vacuoles ne se fragmentent avec intensité qu'un certain nombre d'heures après le début de la sécrétion (de 12 à 48 heures), et de plus la présence d'une seule cellule en voie d'autolyse à

l'intérieur d'une glande suffit pour déterminer la fragmentation dans les cellules voisines. Or chez *Oxalis acetosella*, Mangenot a observé le même phénomène dans un tissu épidermique sans glandes. Toutefois on ne voit pas dans les cellules glandulaires de *Pinguicula vulgaris* de polarisation des vacuoles comme chez *Drosera*, *Drosophyllum* et *Oxalis*. Ceci ne nous paraît pas être dans le cas présent une objection sérieuse, car un double courant doit exister à travers la glande : vers l'extérieur sécrétion du liquide acide, vers l'intérieur absorption des produits de la protéolyse. Il n'est pas étonnant que la polarisation ne puisse apparaître dans ces conditions.

Il existe donc chez *Pinguicula vulgaris* L. des phénomènes d'aggrégation tout à fait analogues à ceux des deux plantes carnivores les mieux étudiées à ce sujet.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'extraction à l'éther, méthode de dosage des substances de croissance chez la Pomme de terre.* Note de M. **Jean Pavillard**, présentée par M. Joseph Magrou.

Depuis le travail de H. Lucas ([1]) on n'a employé pour la Pomme de terre que la simple diffusion, cet auteur ayant cru prouver que l'épuisement par l'alcool ou l'éther ne livrait pas des quantités d'auxine supérieures à celles que donnait la diffusion des tissus sur l'agar. Il est, par contre, bien établi maintenant que les méthodes d'extraction par des solvants organiques sont un moyen suffisamment fidèle de détermination de la teneur en auxine des tissus et organes végétaux.

Dans ces conditions, j'ai essayé d'appliquer à des pommes de terre l'extraction à l'éther telle que Van Overbeek ([2]) l'a précisée. Les résultats les meilleurs ont été obtenus en purifiant l'éther, avant emploi, par distillation sur $SO_4Fe + CaO$.

Le tissu à épuiser est finement haché au scalpel s'il s'agit de pousses vertes, de feuilles, de germes, ou râpé avec soin s'il s'agit de tubercules. Le tissu, baignant dans un grand excès d'éther, sans acide, est maintenu à l'obscurité 24^h environ, à température moyenne (15°). Puis l'éther est décanté, distillé à 40° jusqu'à un résidu de quelques centimètres cubes. L'éther restant, mis dans une capsule, est évaporé dans un courant d'air sec. La capsule est lavée par $0^{cm^3},5$ d'eau distillée, et le liquide incorporé à une égale quantité d'agar 3%. Après 2 ou 3 heures de repos pour permettre une répartition homogène de l'auxine, la mixture d'agar est coulée sur une plaque de verre, et découpée en cubes pour le test. Celui-ci est le test *Avena-Standard* décrit par Went et

([1]) *Phytopath., Zeitschr.*, **12**, 1939-1940, pp. 334-350.
([2]) *Proc. Nat. Acad. Sc. Washington*, **24**, 1938, pp. 42-46.

Thimann ([3]). On utilise la variété sélectionnée *La Victoire* des Établissements Vilmorin-Andrieux.

Par la diffusion directe, je n'ai obtenu aucune courbure notable (pas plus de 3° au maximum). L'extraction, conduite comme il a été décrit, m'a donné des courbures très nettes.

Les résultats d'épreuves de contrôle peuvent être jugés très satisfaisants :

a. Un tubercule est partagé de façon symétrique, chaque moitié traitée séparément :

1re moitié, par gramme frais.	2°,4	rééprouvé après 24 h.	2°,1
2e moitié »	2°,6		

b. Des germes de pomme de terre poussés à l'obscurité sont traités de la façon décrite. Les poids frais sont l'un le double de l'autre :

1er lot poids frais	2g,5	par gramme frais	3°
2e »	5g,5	»	2°,8

Opérant sur la quantité de matériel frais convenable (déterminée par une expérience préliminaire), il est toujours possible de se maintenir dans la *zone de proportionnalité des courbures* (5 à 25°). On évite ainsi les difficultés particulières au dosage des minimes quantités d'auxine telles qu'en fournit la diffusion [H. Funke ([4])], et les risques d'une répartition variable dans la chair du tubercule (H. Lucas).

Le tableau I présente les résultats de quelques dosages d'auxine dans des organes aussi différents de structure et de composition que pulpe de tubercule, germes poussés à l'obscurité au laboratoire, pousses feuillées vertes développées en pleine terre.

TABLEAU I.

Nature de l'organe étudié.	Date et n° d'ordre de l'expérience.		Poids frais en g.	Courbure moyenne par g. frais.
Pulpe de tubercule râpée.........	16-5	27	9,2	2°,6
	9-5	15	27,5	0,9
Germes poussés à l'obscurité......	9-5	17	2,4	7,5
	15-5	23	3,3	1,3
Extrémités végétatives vertes.....	22-5	31	1,65	22
	11-6	39	1,00	17,6

La très forte teneur des sommets végétatifs verts contraste avec la pauvreté relative du tubercule. Mais dans chaque catégorie d'organes, il se présente également des teneurs assez différentes, peut-être dues à l'état physique ou physiologique variable des individus analysés.

([3]) *Phytohormones*, New-York, 1937.

([4]) *Jahrb. Wissenssch. Bot.*, 88, 1939, pp. 373-388.

Par l'emploi de la technique décrite, j'ai également étudié un certain nombre d'individus de Pomme de terre atteints de maladies de dégénérescence, particulièrement d'enroulement. Ici aussi (tableau II), les résultats varient beaucoup suivant les organes analysés et suivant les individus.

TABLEAU II.

Nature de l'organe étudié.	Date et n° d'ordre de l'expérience.		Poids frais en g.	Courbure moyenne par g. frais.
Pulpe de tubercule râpée	16-5	28	10,8 (*)	1°,6
	9-5	16	22	1,1
Germes poussés à l'obscurité	9-5	18	6,8 (*)	0,8
	15-5	24	4,4	0,2
Extrémités végétatives vertes	22-5	33	1,3	26,9
	11-6	40	0,8 (*)	17,5

(*) Plantes malades d'enroulement.

Il serait prématuré de tirer de la comparaison des tableaux I et II des conclusions sur l'influence des virus de la dégénérescence sur la teneur en auxine des Pommes de terre. L'extraction à l'éther ne permet, en effet, de doser que l'auxine *libre*, immédiatement disponible, dans un tissu déterminé, et non pas la mesure de l'auxine *liée* que seules une hydrolyse alcaline ou une digestion enzymatique permettent de mettre en évidence.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence de québrachitol dans quelques Sapindacées et Acéracées.* Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le québrachitol ou ester méthylique de l'inositol lévogyre $C_6H_{11}O_5OCH_3$ a été découvert par Tanret dans l'écorce d'*Aspidosperma quebracho blanco*. Schlecht (Apocynacée) ([1]). Il a été retrouvé par divers auteurs chez deux Protéacées, une Composée, deux Euphorbiacées, une Cannabinée et deux Acéracées.

En traitant par l'acétone des feuilles sèches d'une Sapindacée, *Xanthoceras sorbifolia*, j'ai obtenu, en juin 1944, des cristaux qui ont été identifiés au québrachitol. J'ai recherché ce glucol dans un certain nombre de plantes voisines en appliquant une méthode d'extraction simple et nouvelle.

De 20 à 80^g de matériel d'étude sec pulvérisé sont épuisés par l'acétone dans un appareil de Soxhlet. Le québrachitol cristallise dans la liqueur acétonique (après concentration et repos, s'il est peu abondant). Il suffit de le recueillir, de le laver plusieurs fois à l'acétone bouillant pour éliminer la chlorophylle et les lipides, et de le purifier par cristallisations dans l'alcool à 90°.

([1]) *Comptes rendus*, **109**, 1899, p. 908.

L'extraction est parfois compliquée par la présence d'un extrait difficile à séparer des cristaux (fruits de *Xanthoceras*). Le québrachitol peut ne pas cristalliser dans la liqueur acétonique : une défécation plombique est alors nécessaire pour séparer les impuretés (écorces de *Kœbreuteria*). En raison de la faible solubilité du québrachitol dans l'acétone, l'épuisement du matériel d'étude peut être de longue durée : plusieurs extractions successives améliorent parfois le rendement.

Les cristaux obtenus sont denses, rhomboïdaux, anhydres, non réducteurs et donnent la réaction classique de Scherrer et celle de Denigès au nitroprussiate de sodium, caractéristiques de l'inositol. Ils ont été identifiés par leur point de fusion 192-193° (au bloc Maquenne), leur pouvoir rotatoire $\alpha_D = -80°$ (eau), effectués comparativement avec un échantillon de québrachitol extrait par Tanret et figurant dans les collections du laboratoire. La déméthylation par l'acide iodhydrique a fourni le *l*-inositol identifié par son point de fusion 247° et son pouvoir rotatoire $\alpha_D = -65°$. Le dosage de la fonction méthoxylée a été effectuée par la microméthode volumétrique de Vieböck et Brecher suivant les indications de M. A. Sosa : les teneurs en OCH_3 % ont varié entre 15,36 et 16,13 (théorique 15,97).

Le québrachitol a été extrait de toutes les Sapindacées examinées, quelques rendements en produit brut sont exprimés ci-dessous pour 100^g de matériel sec :

Xanthoceras sorbifolia Bunge : écorces en décembre ($0^g,60$); folioles en juin (0,85) et octobre; fleurs en avril: fruits verts en juin. *Kœlreuteria paniculata* Laxm : écorces en janvier; folioles en mai (1,05) et octobre; pétioles en octobre; fleurs en mai; fruits en septembre (0,80). *K. bipinnata* Franch. : folioles en septembre (0,90); *Sapindus Saponaria* L. : folioles en septembre (0,15). *S. Drummondii* Hook et Arn. : jeunes rameaux en juin (0,55), folioles en juin (1,70). *Ungnadia speciosa* Endl : rameaux de un an (0,24), folioles (1,25). *Hippobromus alatus* Eckl. et Zeyh. : écorces, folioles (0,20). *Nephelium leiocarpum* F. Muell. : rameaux. *Dodonæa attenuata* A. Cunn. : rameaux feuillés. Ces quatre dernières espèces m'ont été envoyées en septembre 1946 par la Station de Botanique et de Phytopathologie du Cap d'Antibes. Pour le *Dodonæa*, la quantité insuffisante de matériel d'étude et le faible rendement n'ont permis d'identifier le québrachitol que par son point de fusion.

En 1942, Malmy et Bouvet ont isolé le québrachitol des feuilles de deux Acéracées : *Acer Pseudo-Platanus* L. et *A. platanoides* L. ([2]). J'ai continué leur étude en l'isolant des espèces suivantes : A. *Pseudo-Platanus* : écorces en octobre, fruits verts en juin. *A. platanoides* : écorces en octobre. *A. campestre* L. : feuilles en septembre (1,05). *A. monspessulanum* L. : feuilles en juin (1,10), fruits verts en juin. *A. dasycarpum* Ehrh. var. *laciniatum* : écorces en novembre (0,05), feuilles en mai (0,07). *Negundo aceroides* Mœnch : folioles

([2]) *Journ. Pharm. Chim.*, IX, 2, 1942, p. 5.

en juin et octobre (0,50). *N. aceroides* var. *argenteo-variegatum* : folioles en mai (0,20) et septembre (0,40). Le québrachitol n'a pas été obtenu à partir des écorces d'*A. campestre* (décembre), d'*A. monspessulanum* (novembre, juin), de *Negundo* (mars), des écorces et feuilles d'*A. carpinifolium* Sieb. et Zucc. Ces résultats négatifs ont été confirmés par l'absence de déviation lévogyre importante dans les liqueurs d'essai. Au contraire, tous les organes riches en québrachitol ont présenté une déviation gauche : celle-ci atteint — 5° pour les folioles d'*Ungnadia*, — 7° pour les fruits verts de *Kœlreuteria*, en juillet ($100^{cm^3} = 100^g$ frais). En général, les feuilles sont plus riches que les écorces.

La répartition abondante du québrachitol chez les Sapindacées et Acéracées pouvait faire penser à sa présence dans des familles voisines. Il n'en est rien : la même méthode d'extraction appliquée à une vingtaine d'espèces appartenant notamment aux Staphyléacées, Hippocastanées, Célastracées n'a pas permis, jusqu'à maintenant, de le retrouver une seule fois.

En résumé, le québrachitol a été extrait de genres très divers de Sapindacées, famille dans laquelle il n'avait pas encore été signalé; il a été isolé de plusieurs Acéracées du genre *Acer*.

PHYSIOLOGIE. — *Excitation par l'acide succinique du centre respiratoire du Chien en apnée d'hyperventilation.* Note (¹) de MM. **Daniel Bovet**, **Jacques Monod** et **André Lwoff**, présentée par M. Jacques Tréfouël

On sait que les microorganismes privés d'anhydride carbonique sont incapables de se développer et que le CO_2 intervient dans la synthèse de l'acide succinique (²). Des recherches récentes ont montré que les diacides en C_4 et en C_5 pouvaient suppléer à la carence partielle en CO_2; celui-ci semble indispensable pour la synthèse de certains métabolites dits *hétérocarboxyliques* (³). Nous nous sommes posé la question de savoir dans quelle mesure ces données étaient susceptibles d'être appliquées, chez les Mammifères, au comportement si particulier des centres respiratoires vis-à-vis du CO_2.

L'importance de l'acide succinique comme antidote de l'intoxication par les barbituriques est bien connue (⁴). Et l'on connaît le rôle important des diacides dans le métabolisme cellulaire. En raison de l'intervention du CO_2 dans la

---

(¹) Séance du 23 juin 1947.

(²) C. H. Werkman et H. G. Wood, *Advances in Enzymology*, **2**, 1942, p. 135.

(³) A. Lwoff et J. Monod, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 696; *Ann. Inst. Pasteur*, **73**, 1947, p. 323.

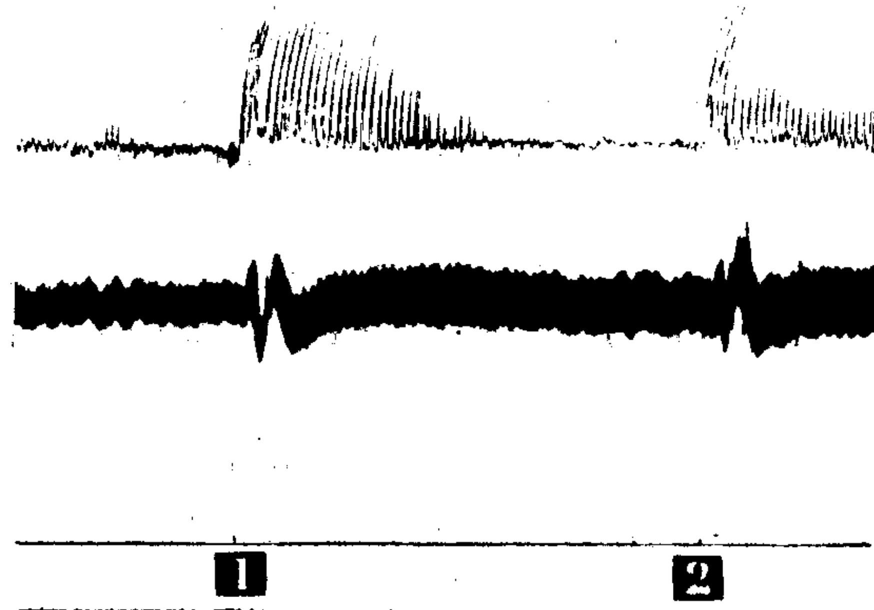
(⁴) S. Soskin et M. Taubenhaus, *J. of Pharmacol. and exp. Ther.*, **78**, 1943, p. 49; H. A. Lardy, R. G. Hansen et P. H. Phillips, *Proc. Soc. exp. Biol. and Med.*, **55**, 1944, p. 277; K. H. Beyer et A. R. Latven, *Federation Proceedings*, **3**, 1944, p. 4; *J. of Pharmacol. and exp. Ther.*, **81**, 1944, p. 203; N. W. Pinschmidt, H. Ramsey et H. B. Haag, *J. of Pharmacol. and exp. Ther.*, **83**, 1945, p. 45.

synthèse des diacides, on pouvait se demander si l'effet de la carence en CO_2 sur les centres respiratoires, qui n'a pas jusqu'ici reçu d'interprétation satisfaisante, ne serait pas lié à une déficience en diacides. Les résultats de nos expériences ont été très brièvement indiqués ([3]).

Les Chiens sont soumis à une narcose au chloralose qui respecte entièrement l'activité du centre respiratoire. Le thorax de l'animal étant ouvert, on pratique une respiration artificielle et l'on enregistre mécaniquement les contractions du diaphragme, indépendamment du rythme et de l'amplitude de la ventilation pulmonaire, assurée par la pompe. Dans ces conditions, une ventilation excessive entraîne soit une diminution de l'amplitude des contractions du diaphragme, soit un arrêt des mouvements respiratoires spontanés, que l'on sait être consécutif à un arrêt de l'activité rythmique des centres bulbaires. On fixe assez facilement le seuil pour lequel les mouvements du diaphragme sont abolis ou fortement déprimés.

L'injection de CO_3NaH (5 à 200 mg/kg) dans la veine saphène ou dans la carotide, ou encore l'injection d'HCl qui mobilise la réserve alcaline, rend au centre respiratoire son activité qui se traduit par des mouvements du diaphragme.

L'injection de succinate de Na est également active. Mais les animaux pré-



Chien chloralosé, thorax ouvert, respiration artificielle en hyperpnée : 1re ligne, enregistrement des mouvements du diaphragme; 2e ligne, pression carotidienne. Temps : 10 secondes
1. Succinate de sodium, 50mg/kg. — 2. Bicarbonate de sodium 50mg/kg. (Injections dans la veine saphène.)

sentent des sensibilités très différentes au succinate. Alors que chez certains l'injection dans la veine saphène de 5 mg/kg d'acide succinique (sous forme de sel de Na) provoque en 5 à 6 secondes une reprise des mouvements du diaphragme, il faut, pour obtenir un effet chez d'autres animaux, injecter 20 ou 50 mg/kg. La période de latence est plus courte après injection dans la carotide qu'après injection dans la saphène. Enfin, on doit noter que certains animaux ne réagissent pas au succinate. Ces animaux *négatifs* ne réagissent toutefois pas non plus au CO_3NaH; succinate et bicarbonate montrent toujours des effets parallèles.

La reprise des mouvements respiratoires ne s'observe pas dans les mêmes conditions expérimentales après injection de glucose ou d'éthanol. Par contre, les sels de Na des acides *l*-malique, fumarique et aspartique l'assurent régulièrement. Les sels des acides acétique, propionique, butyrique se sont montrés sans action, excepté dans une expérience où le butyrate de Na a présenté une faible activité.

Notre interprétation de l'action de la carence en CO_2 est donc la suivante : en l'absence de CO_2, la cellule nerveuse est privée de certaines substances indispensables à son métabolisme, et en particulier de diacides. Le fait que, dans un cas, le butyrate a été actif, le fait que, dans d'autres cas, le succinate comme d'ailleurs le CO_3NaH se sont montrés sans action, montre que la diminution de la tension de CO_2 entraîne vraisemblablement dans la cellule nerveuse des carences multiples qu'il conviendra d'identifier.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE — *Au sujet de la composante inhibitive de l'éblouissement*. Note [1] de M. **Alexandre Ivanoff**, présentée par M. Jean Becquerel.

J. F. Schouten [2] a mesuré en 1939 l'inhibition provoquée par l'éblouissement et se traduisant par une baisse de la brillance apparente des objets vus par l'œil ébloui. Appelant B la brillance avant éblouissement et ΔB la diminution de brillance apparente provoquée par l'éblouissement, Schouten a défini un *indice d'éblouissement* $V = \Delta B/B$.

J'ai repris cette étude par une méthode nouvelle, et je me suis attaché à déterminer en particulier l'influence des *couleurs* de la source éblouissante et de la plage observée.

Principe de la méthode. — A l'instant où s'allume la source éblouissante, la brillance apparente de la plage observée diminue. Une source additionnelle (d'intensité réglable à l'aide d'un rhéostat) est placée en série avec la source éblouissante (et par conséquent s'allume ou s'éteint au même instant qu'elle) et *éclaire la plage observée*. On cherche la valeur à donner à son intensité, telle qu'au moment où la source éblouissante s'allume (ou s'éteint) la brillance apparente de la plage observée reste inaltérée : la baisse ΔB de brillance apparente provoquée par l'éblouissement est alors exactement compensée par une augmentation égale due à la source additionnelle. Méthode par conséquent *monoculaire* et par *comparaison successive* (les lecteurs se référant au travail de Schouten verront que celui-ci utilisait une méthode *binoculaire* et par *comparaison simultanée*). Son avantage est de se prêter à la mesure de l'*inhibition*

---

(1) Séance du 23 juin 1947.

(2) Mémoires présentés aux réunions de la C. I. E. et comme introduction aux visites aux usines et laboratoires Philips à Eindhoven le 14 juin 1939, p. 12

binoculaire (inhibition d'un œil provoquée par l'éblouissement de l'*autre*) : il suffit d'éblouir l'œil qui ne regarde pas la plage expérimentale.

Afin d'éviter l'influence parasite des variations du diamètre pupillaire (pouvant elles aussi modifier la brillance apparente de la plage expérimentale), j'ai opéré en *lumière dirigée*, avec tête immobilisée par une empreinte dentaire.

L'angle d'éblouissement (angle que fait la direction de la source éblouissante avec celle de la plage observée) était égal à 1°20′ dans toutes les mesures.

Influence des couleurs. — J'ai utilisé quatre couleurs pour la plage observée : rouge (640$^{m\mu}$), jaune (586$^{m\mu}$), vert (525$^{m\mu}$) et bleu (470$^{m\mu}$), et cinq couleurs pour l'éblouissement : blanc, jaune (écran Wratten n° 15), rouge (écran Wratten n° 25), vert (écran Wratten n° 58) et bleu (écran Wratten n° 47) ([3]).

Voici, pour un observateur, les valeurs du logarithme de l'*indice d'éblouissement*, pour une brillance lumineuse de la source éblouissante (située à 2^{m},96, et de diamètre égal à 5^{cm},7) de 10000 bougies par mètre carré :

Couleur de la plage d'observation.	Couleur éblouissante					
	jaune.	blanc.	rouge.	vert.	bleu.	Moyenne.
Rouge	0,04	0,10	0,03	0,26	0,81	0,25
Jaune	$\bar{1}$,83	$\bar{1}$,96	$\bar{1}$,90	0,02	0,77	0,10
Vert	$\bar{1}$,85	$\bar{1}$,97	$\bar{1}$,98	0,20	0,72	0,14
Bleu	0,24	0,22	0,39	0,39	0,71	0,39
Moyenne...	$\bar{1}$,99	0,06	0,08	0,22	0,75	

L'examen de ces chiffres montre qu'en moyenne la couleur la moins éblouissante, *à brillance lumineuse égale,* est le jaune. Le rouge utilisé ébouit 1,23 fois plus, le vert utilisé 1,7 fois plus, et le bleu utilisé 5,8 fois plus. Il n'est donc guère étonnant que le blanc éblouisse aussi légèrement plus que le jaune, 1,17 fois plus ([4]).

La couleur de la plage d'observation influe d'une manière analogue : en moyenne c'est le jaune qui est le moins inhibé, le rouge et le vert le sont davantage, et le bleu encore plus.

J'ai refait toute cette étude, et tout l'étalonnage, sur un second observateur. Les résultats ont été analogues.

([3]) L'écran Wratten jaune n° 15 transmet les longuenrs d'onde supérieures à 500$^{m\mu}$. Le rouge n° 25 transmet les longueurs d'onde supérieures à 580$^{m\mu}$. Le vert n° 58 transmet une bande entre 480$^{m\mu}$ et 620$^{m\mu}$, avec maximum de transmission à 520$^{m\mu}$. Le bleu n° 47 transmet une bande entre 360 et 520$^{m\mu}$, avec maximum de transmission à 440$^{m\mu}$.

([4]) Les étalonnages photométriques, si délicats pour des lumières de couleurs différentes, ont été effectués avec le maximum de soins, la comparaison des effets produits par les diverses couleurs n'ayant de sens qu'à brillance lumineuse égale. Le lecteur désireux d'étudier de près le présent travail en trouvera un exposé détaillé dans un article en préparation à la *Revue d'Optique*. Il y trouvera en outre une étude de l'influence de la brillance d'éblouissement, et de l'angle d'éblouissement.

De nombreuses discussions ont eu lieu au sujet des effets d'éblouissement relatifs du jaune et du blanc, à propos notamment des phares d'automobiles. Si l'on mesure l'effet d'éblouissement par l'inhibition qu'il provoque (l'effet relatif des diverses couleurs est peut-être différent en ce qui concerne la sensibilité différentielle de l'œil, par exemple), le jaune paraît être légèrement plus avantageux que le blanc, mais à peine (il le serait probablement légèrement plus s'il ne contenait pas de rouge ni de vert).

Absence d'inhibition binoculaire. — Même pour une brillance d'éblouissement de 30000 bougies par mètre carré et un angle d'éblouissement de l'ordre de 1°, je n'ai observé aucune inhibition dans l'œil non ébloui. Ceci montrerait que l'inhibition se produit au niveau rétinien et non central. Le fait est intéressant à signaler car l'*inhibition binoculaire*, que l'on n'a jamais essayé de mesurer, est souvent invoquée pour expliquer divers phénomènes, tels que l'additivité *partielle* des sensations lumineuses des deux yeux, ou l'expérience paradoxale de Fechner.

BIOLOGIE SUBMICROSCOPIQUE. — *Mise en évidence d'une structure submicroscopique dans les globules rouges par la diffusion des rayons X aux petits angles.* Note de MM. **Dikran-G. Dervichian**, **Gérard Fournet** et **André Guinier**, présentée par M. Charles Mauguin.

On sait que les globules rouges du sang contiennent 30 à 35 % d'extrait sec constitué en grande partie d'hémoglobine. Pour une concentration aussi grande, on doit s'attendre à trouver un arrangement relativement ordonné des molécules dans la solution, rappelant celui qui existe dans les solutions d'autres électrolytes colloïdaux (1) (2). Le dispositif de diffraction des rayons X aux petits angles de l'un d'entre nous (3) s'adapte particulièrement à ce genre de détermination. Il nous a permis de mettre en évidence, dans les globules rouges du sang de Cheval, l'existence d'une organisation submicroscopique très particulière à l'échelle des grosses molécules.

Les échantillons soumis à l'analyse aux rayons X ont été prélevés sur le culot de purée globulaire obtenue par centrifugation du sang préalablement défibriné par simple agitation avec des billes de verre. Plusieurs lavages des globules avec une solution à pH 7 suivis de centrifugations n'ont pas modifié la forme générale des diagrammes obtenus. La purée globulaire est renfermée dans une cellule limitée par deux feuilles de mica très minces, la distance entre les deux fenêtres étant de l'ordre de 1^{mm}. Un grand nombre de clichés ont été ainsi

(1) J. Stauff, *Koll. Zeit.*, **89**, 1939, p. 224; Kiessig et Philippoff, *Naturwiss.*, **27**, 1939, p. 593; Bear, Palmer et Schmit, *J. Cell. Comp. Physiol.*, **17**, 1941, p. 355.

(2) D. G. Dervichian, *J. de Chim. Phys.*, **38**, 1941, p. 63; D. G. Dervichian et F. Lachampt, *Bull. Soc. Chim. de France*, **12**, 1945, p. 189.

(3) A. Guinier, *Ann. de Physique*, **12**, 1939, p. 161.

enregistrés. Nous avons vérifié que les globules après avoir été exposés aux rayons X, étaient demeurés intacts et n'avaient subi aucune lyse ou altération du moins apparente.

Avant d'examiner les particularités du diagramme fourni par les globules, il est utile de décrire ce que l'on observe, soit avec l'hémoglobine cristallisée, soit avec une solution d'hémoglobine. D'après Bernal, Fanckuchen et Perutz ([4]), dans le cristal d'hémoglobine, les molécules seraient disposées dans la maille élémentaire en feuillets parallèles ayant 36 Å d'épaisseur. Des couches d'eau sont intercalées entre ces feuillets, de sorte que la période dans la direction normale à leurs plans varie suivant le degré d'hydratation. Perutz a trouvé ainsi, en faisant varier l'hydratation, des périodes correspondant à 42,3, 46,1 et 51,4 Å.

Des cristaux d'hémoglobine précipités en présence de SO_4Am_2 à 60 % de la saturation, examinés dans les mêmes conditions que les globules rouges, nous ont révélé, à côté d'une tache de diffusion centrale, des raies correspondant à une période de 54 Å. En variant les conditions, nous avons aussi trouvé d'autres valeurs de la grande période comparables à celles observées par Perutz.

Mais des solutions contenant 15 à 20 % d'hémoglobine ne donnent, dans les mêmes conditions, qu'une tache de diffusion centrale où l'intensité décroît régulièrement quand l'angle de diffusion augmente. Cela s'interprète comme étant dû à la diffusion par des particules isolées et disposées sans ordre dans le liquide ([5]), particules qu'on peut identifier avec des molécules d'hémoglobine.

La purée des globules rouges non lysés donne un diagramme de diffusion centrale différant nettement aussi bien de celui donné par la solution que de celui obtenu avec les cristaux. C'est une tache qui n'est pas estompée comme celle de la solution. Le diagramme examiné au microphotomètre montre que l'intensité en fonction de l'angle de diffraction décroît lentement jusqu'à une certaine valeur (angle de 0,025 radian), puis tombe rapidement à zéro. La courbe peut être interprétée comme la superposition d'une courbe décroissante et d'une courbe présentant un maximum aux environs de 0,025 radian. Cette dernière courbe correspondrait à un diagramme en forme d'anneau diffus.

Nous en concluons que l'arrangement des molécules dans le globule rouge n'est pas irrégulier, mais qu'il existe une distance moyenne, fréquemment réalisée entre molécules voisines, qui se traduit sur le diagramme par l'apparition de l'anneau. Cette distance est de l'ordre de 62 Å, c'est-à-dire supérieure d'à peine une dizaine d'angströms à la période de stratification trouvée dans les cristaux d'hémoglobine au maximum d'hydratation. Cet accroissement de la distance entre les plans de molécules disposées parallèlement correspondrait ainsi à l'introduction de 2 ou 3 couches supplémentaires d'eau.

([4]) BERNAL, FANKUCHEN et PERUTZ, *Nature*, **141**, 1938, p. 523; M. F. PERUTZ, *Nature*, **150**, 1942, p. 324; BOYES-WATSON et PERUTZ, *Nature*, **151**, 1943, p. 714.

([5]) A. GUINIER, *J. de Chim. Phys.*, **40**, 1943, p. 133.

On conçoit qu'avec des quantités d'eau supérieures à celles que peut absorber le cristal, l'espacement entre les molécules se trouve accru, et qu'en même temps l'arrangement de celles-ci cesse d'avoir la régularité du cristal solide. *L'arrangement des molécules d'hémoglobine dans le globule serait donc intermédiaire entre l'ordre du cristal solide et le désordre de la solution diluée d'hémoglobine.*

Les particularités que nous avons observées ne peuvent pas être mises sur le compte d'une organisation des globules dans la membrane car, après lyse des globules, soit par l'éther, soit par l'eau distillée; les stromas lavés et centrifugés n'ont donné que le diagramme d'une substance amorphe. Par contre le lysat concentré, obtenu par action de l'éther à partir de la purée globulaire, a donné un diagramme à peu près identique à celui obtenu avec les globules intacts. D'ailleurs il a été montré ([6]) ce qu'il faut penser de la préexistence du stroma dans le globule intact. Nous trouvons ainsi une preuve expérimentale justifiant l'opinion exprimée sous différentes formes par différents auteurs ([7]) sur la nature paracristalline du milieu intérieur des globules rouges.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Lésions anatomiques observées sur des animaux de laboratoire exposés à des ondes d'ultra-haute fréquence* (longueur d'onde 21^{cm}). Note ([1]) de MM. **Luc de Séguin** et **Guy Castelain**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Des Rats et des Souris albinos furent exposés entièrement ou par tiers à des champs d'ondes électromagnétiques de fréquence voisine de 14.10^8 cycles-seconde.

1° Dans certaines expériences on observa des brûlures au niveau des pattes, des oreilles et de la queue. Elles avaient l'aspect et l'évolution de brûlures banales.

2° Les examens histologiques ne révèlent pas de lésions électives des tissus pour la longueur d'onde étudiée.

2° La succession des images autopsiques et histologiques permet d'analyser les modalités de l'absorption et de la thermo-régulation pour des doses progressives.

Pour des irradiations très faibles, de 5 secondes, produisant une élévation thermique de 0°,2, l'autopsie, après décapitation, montre un aspect normal des organes avec parfois quelques étoiles vasculaires à la surface des poumons. La structure pulmonaire est encore intacte; en quelques points, les capillaires interalvéolaires sont dilatés et les cellules du revêtement alvéolaire sont tuméfiées; les autres organes sont normaux.

([6]) D. G. Dervichian et C. Magnant, *Ann. Inst. Pasteur*, Paris (sous presse).

([7]) Gough, *Biochem J.*, 18, 1924, p. 202; A. Teitel-Bernard, *Le Sang*, 8, 1943, p. 298.

([1]) Séance du 23 juin 1947.

De plus fortes expositions entraînent une vasodilatation importante du tractus interalvéolaire avec, comme conséquence, une diminution du volume de la plupart des alvéoles, puis les cellules du revêtement alvéolaire, déjà turgescentes, se détachent de la paroi, les capillaires bourrés d'hématies éclatent et les alvéoles commencent à être inondées. Ce processus hémorragique n'est pas le même partout; il prédomine en certaines zones alors que d'autres ne présentent qu'une vasodilatation. Ces hémorragies très précoces débutent pour des doses ayant produit une élévation thermique de 0°,8 pour 15 secondes. Elles correspondent à la présence de petites taches noires visibles à la surface des poumons. A ce stade, il y a une légère congestion de la pulpe rouge splénique. Le foie, les reins, les surrénales, les testicules, le pancréas, le péritoine, les intestins, sont normaux.

L'irradiation se poursuivant, les vaisseaux pulmonaires se dilatent et se gorgent de sang, en particulier le système veineux; les cloisons interalvéolaires se disloquent et les cavités des alvéoles sont inondées d'hématies. Au niveau du foie les capillaires intertrabéculaires se dilatent, les cellules hépatiques conservent leur aspect normal, la pulpe rouge de la rate se congestionne.

Dans le cas d'irradiations mortelles, l'oreillette droite est dilatée et gorgée de sang noir, le poumon est bourré d'infarctus. Microscopiquement, le foie et la rate sont remplis d'hématies. Les corpuscules de Malpighi sont normaux. La dilatation des capillaires des travées bouscule les cellules hépatiques qui sont pressées les unes contre les autres. Les gros vaisseaux hépatiques sont dilatés. On note quelques plaques hémorragiques intertubulaires au niveau de la partie médullaire du rein avec une légère congestion des glomérules. Les veines de la médulo-surrénale sont dilatées; la corticale paraît normale.

En résumé, dans toutes les irradiations, mortelles ou non, on constate une vasodilatation du réseau capillaire interalvéolaire qui, selon le degré, s'accompagne de turgescence puis de desquamation des cellules de la paroi alvéolaire. A un stade plus avancé, les ruptures vasculaires provoquent une inondation hémorragique des alvéoles sans qu'il y ait jamais d'alvéolite œdémateuse. Macroscopiquement, on a toutes les gradations entre un poumon rosé avec quelques foyers hémorragiques et un poumon noir d'infarctus. Dans tous les cas, et particulièrement dans le cas de mort, l'oreillette droite est dilatée et gorgée de sang.

Les faibles irradiations n'entraînent qu'une légère congestion des sinus spléniques et, à un degré moindre, des capillaires intertrabéculaires hépatiques. Pour toutes les irradiations totales ou partielles, c'est seulement lorsque l'irradiation entraîne la mort que l'on voit de grosses lésions au niveau de la rate, du foie, des reins et des surrénales, alors que les lésions pulmonaires sont très précoces.

Les expositions localisées au tiers postérieur d'un animal ne provoquent pas une élévation thermique de la température rectale supérieure à celle produite par l'exposition des deux autres tiers. L'exposition des tiers

postérieurs ou moyens ne provoque pas, comme on aurait pu s'y attendre, des lésions importantes au niveau du foie, du rein ou du mésentère; elles ne provoquent qu'une vasodilatation tout à fait comparable à celle observée dans les irradiations totales ou du tiers antérieur seulement. La chaleur absorbée par le tiers postérieur ne provoque pas de lésions locales et met en jeu le processus de thermo-régulation. De même les hémorragies pulmonaires ne sont pas plus importantes, pour une même dose, dans les irradiations du tiers antérieur que dans celles du tiers postérieur.

Tout se passe comme si la chaleur absorbée entraînait directement ou indirectement :

1° une vasodilatation des capillaires pulmonaires, puis une surcharge du cœur droit entraînant une stase qui se traduit par une dilatation avec hémorragie dans les autres organes : foie, rate, reins;

2° une vasodilatation *de base* produite par la chaleur au niveau des différents organes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le dosage microbiologique des vitamines* B_2 *et* PP. *Leur évolution au cours de la maturation du Blé*. Note de M. **Henri Pinon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

C'est à la propriété que possèdent les vitamines B_2 et PP d'être indispensables à la croissance de certains microorganismes qu'on a fait appel pour leur dosage, en particulier dans les céréales. Le *Proteus vulgaris* a servi à Lwoff (¹) pour doser PP; les lactobacilles furent utilisés, en 1939, par Snell et Strong (*helveticus*) (²) pour le dosage de B_2, en 1941, par Snell et Wright, (*arabinosus*) (³) pour celui de PP. Ce dosage de l'amide nicotinique nous a donné satisfaction; par contre, nous avons apporté quelques modifications à celui de la lactoflavine, pour lequel nous avons rencontré certaines difficultés.

Il faut tenir compte dans l'extraction de la lactoflavine de sa photosensibilité très marquée : à pH 7,0 l'exposition à une lampe ordinaire de 100 W détruit 95 % de la vitamine en 5 heures et déjà 25 % en une heure. Dans les extraits de farine, 50 % seulement disparaissent en 5 heures et 15 % en une heure (la coloration formant sans doute écran). Cette destruction est légèrement plus lente en milieu acide. On opère donc le plus possible à l'abri de la lumière.

Nous savons par Chattaway, Happold et Sandford (⁴) que le NaCl joue le rôle de facteur de croissance pour le *L. helveticus*, tout au moins jusqu'à une concentration de 0,5 % ; le milieu de culture de Barton-Wright et Booth (⁵), que nous utilisons, contient ce taux de NaCl. Cependant l'emploi d'extraits

(¹) Lwoff et Querido, *C. R. Soc. Biol.*, 129, 1938, p. 1039.
(²) *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.*, **11**, 1939, p. 346.
(³) *J. Biol. Chem.*, **139**, 1941, p. 675.
(⁴) *Biochem. J.*, **37**, 1943, p. 298.
(⁵) *Biochem. J.*, **37**, 1943, p. 25.

chlorhydriques (HCl, N/4) neutralisés à la soude, qui accroissent cette concentration, nous a donné des résultats d'autant plus élevés que la prise d'extrait était plus forte. L'utilisation de SO_4H_2 de même normalité, qui par ailleurs ne gêne en rien, supprime cette cause d'erreur. Nous avons donc utilisé ce dernier acide, suivant pour le reste la technique d'extraction de Loy et Kline [6], qui comporte l'élimination des substances protéiques par précipitation vers pH 4,5.

La température à laquelle on effectue la culture demande une grande précision. Nous avons constaté des erreurs d'au moins 10 % pour des variations de 2 degrés entre divers points d'une étuve. Pour supprimer cet inconvénient, nous avons utilisé un thermostat à eau, avec agitation, chauffé et réglé électriquement à 39°C. ± 0°,1, température qui nous a donné la croissance maximum.

Le titrage final peut se faire soit par dosage de l'acide lactique formé, soit par estimation du nombre des bacilles dans la culture par opacimétrie. Snell et Strong avaient déjà signalé que ce nombre n'augmentait plus après 24 heures. Nous avons constaté que la multiplication des bacilles se produisait entre la 8ᵉ et la 16ᵉ heure et qu'elle s'arrêtait au bout de ce temps. A ce moment la lactoflavine a complètement disparu du milieu. Une nouvelle culture ensemencée sur ce milieu, privé des bacilles qu'il contenait et ramené à la neutralité, ne prolifère pas; elle recommence à se multiplier, moins cependant par suite de l'appauvrissement du milieu, lorsqu'on réintroduit de la vitamine. La production d'acide lactique, à peu près nulle dans les 8 premières heures, devient intense entre la 8ᵉ et la 16ᵉ heure, et sa vitesse est alors proportionnelle à la concentration du milieu de culture en B_2. Elle se poursuit ensuite lentement dans les 48 heures qui suivent. Le rapport de l'opacité mesurée au bout de 16 heures à l'acide lactique produit en 72 heures est remarquablement constant. La lactoflavine étant totalement épuisée lorsque la multiplication des bacilles cesse, il y a donc intérêt à effectuer les mesures par opacimétrie au bout de 16 heures, ce qui, outre un gain de temps, évite les perturbations pouvant se produire dans une culture vieillissant à l'étuve.

Nous avons appliqué cette technique au dosage des vitamines B2 et PP dans les diverses portions du Blé en cours de maturation.

Lactoflavine. — Dans la plante jeune, les parties vertes sont les plus riches (les feuilles en renferment de 25 à 30 γ/gramme de substance sèche). La teneur totale de la plante augmente avec son poids jusqu'à l'épiaison. De l'épiaison à la maturité cette teneur baisse régulièrement (de 11γ à 6γ), surtout vers le 30ᵉ jour après l'épiaison (10γ,7 au 29ᵉ jour; 7γ,1 au 38ᵉ jour). Les grains, par contre, accumulent la vitamine jusqu'aux environs du 40ᵉ jour; ils s'appauvrissent ensuite jusqu'au 50ᵉ jour (grain mûr). Dans les grains jeunes ce sont les parties externes vertes qui sont les plus riches; leur teneur décroît

---

(6) *J. of Biol. Chem.*, 162, 1946, p. 177.

fortement dès que le grain jaunit. On trouve la lactoflavine, photosensible, surtout dans les régions vertes à photosynthèse active. Enfin on a noté un relèvement général des teneurs en B_2 de toutes les parties de la plante dans les quelques jours suivant la maturité.

Amide nicotinique. — Son évolution est toute différente. Toutes les parties de la plante varient parallèlement. La teneur de la plante entière augmente depuis l'épiaison et particulièrement vers le 30e jour (60γ le 10e jour; 90γ le 29e jour et 180γ le 33e jour); elle décroît ensuite légèrement avec des fluctuations. C'est vers le 30e jour, qui est bien un point singulier dans l'évolution du Blé, que les régions externes du grain se chargent en PP. Ce sont ces régions qui, dans le grain mûr, renferment la plus grande partie de la vitamine (10 γ/gramme dans l'amande; 200 à 300 γ/gramme dans le son, selon son degré de pureté).

PROTISTOLOGIE. — Palavascia philoscii *n. g. n. sp.*, *Entophyte eccriniforme parasite de* Philoscia Couchii *Kin.* Note [1] de Mlles **Odette Tuzet** et **Jehanne-Françoise Manier**, présentée par M. Maurice Caullery.

L. Léger et O. Duboscq [2], en 1929, ont décrit, sous le nom d'*Harpella melusinæ* n. g. n. sp. un entophyte parasite des larves de Simulies, dont l'aspect capilliforme et le mode de fixation rappellent les Eccrinides.

Ultérieurement, de nouveaux genres et de nouvelles espèces ont été rencontrés dans les diverses larves d'Insectes par L. Léger et M. Gauthier (1931-1932-1935) [3], M. Gauthier (1936) [4] et Poisson (1932-1936) [5]. Ainsi ont été créés les genres : *Orphella* (Léger et Gauthier, 1931), *Stachylina* (Léger et Gauthier, 1931), *Opuntiella* (Léger et Gauthier, 1931), *Stipella* (Léger et Gauthier, 1931), *Genistella* (Léger et Gauthier, 1931), *Typella* (Léger et Gauthier, 1935), *Glotzia* (Gauthier, 1936), *Smittium* (Poisson, 1936).

Le parasite que nous allons décrire ici a été rencontré dans l'intestin des *Philoscia Couchii* Kin., provenant des étangs de Palavas. Il se trouve dans un cinquième des individus environ. N'ayant vu tout d'abord que des formes végétatives, nous l'avions pris pour une Eccrinide, mais nous fûmes tout de même surprises par l'aspect de son protoplasme, très différent de celui observé jusqu'alors dans ce groupe.

Les filaments végétatifs, généralement droits, mais pouvant être légèrement arqués, ont de 20 à 30μ d'épaisseur et leur longueur atteint 700μ. Le pavillon de fixation est bien développé (*fig.* 1), la partie antérieure se différencie en un gland très souvent rétréci.

---

(1) Séance du 23 juin 1947.

(2) *Comptes rendus*, **138**, 1929, p. 951.

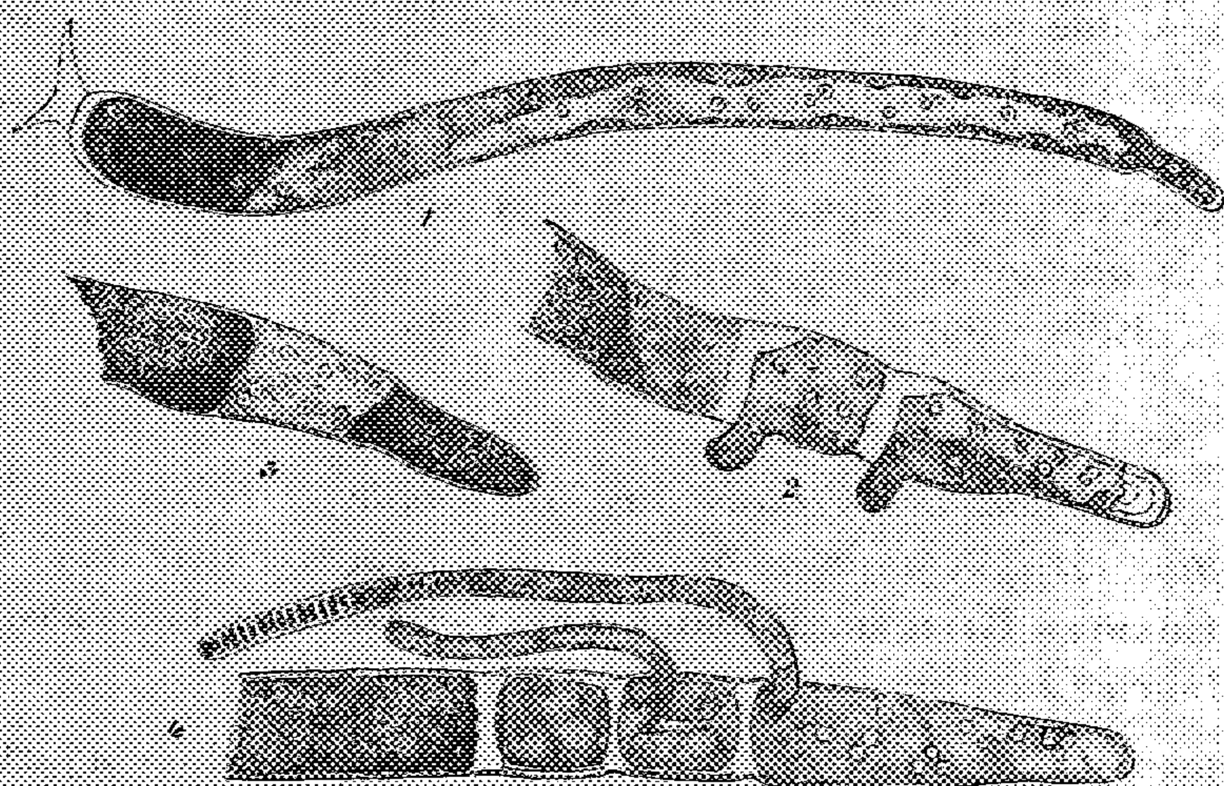
(3) *Trav. Lab. Hydrob. et Pisc.*, Grenoble, 23e année, 1931; *Comptes rendus*, **144**, 1932, pp. 22 et 62; *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1458.

(4) *Comptes rendus*, **201**, 1936, p. 1096.

(5) *Ann. Parasit.*, **10**, n° 5, 1936.

Sur le vivant, la membrane est épaisse et paraît formée de deux zones. Elle s'épaissit dans les régions proximale et distale. Il existe de fines striations superficielles et l'on voit quelques grosses vacuoles. Le protoplasme contient des granulations brun rougeâtre, animées de mouvements browniens. La région proximale est très fortement chargée de ces granulations.

Sur les préparations fixées et colorées, la membrane, épaisse, est formée de



Palavascia philoscii n. g. n. sp. — Fig. 1. Filament montrant le pavillon de fixation et le gland, × 400. — Fig. 2. Début du bourgeonnement, × 1000. — Fig. 3. Partie antérieure d'un filament montrant la segmentation et l'abondance du pigment, × 1000. — Fig. 4. Filament conidigène avec les prolongements latéraux dont l'un montre la segmentation en microspores, × 1000.

deux couches. Le protoplasme syncytial montre deux zones très nettes : une zone périphérique, faite d'ectoplasme plus colorable et une zone endoplasmique plus claire. Dans ces deux zones sont dispersés de petits noyaux, qui sont souvent géminés (*fig.* 1). Le gland se montre fait d'un protoplasme différent des deux autres. Il contient, dans certains cas, deux noyaux. Mais ceux-ci peuvent se multiplier et devenir plus nombreux. Il existe aussi assez fréquemment une vacuole (*fig.* 2).

Les filaments que nous venons de décrire sont des filaments évolués, les stades jeunes sont plus simples. Le protoplasme qui les remplit a partout le même aspect, sauf dans le gland. Les noyaux sont plus gros, ils ont environ 4$^{\mu}$. Ceux-ci vont ensuite se multiplier et diminuer de taille. En même temps, on voit apparaître, vers le milieu du filament, une zone plus claire. De nombreux filaments sont bourrés d'inclusions fortement colorables par la H. F. Elles sont tellement nombreuses qu'elles arrivent à masquer leur structure (*fig.* 3). Les filaments conidigènes sont mélangés aux filaments végétatifs. Ils se segmentent à leur extrémité antérieure, formant deux ou trois spores multinucléées (*fig.* 3). Chaque spore donne un prolongement latéral (*fig.* 2). Celui-ci peut atteindre 150$^{\mu}$ de long et 5 à 6$^{\mu}$ de large. Il contient de nombreux noyaux, provenant des noyaux de la spore mère, qui se multiplient. Ces noyaux se disposent procytialement, des cloisons apparaissent et le filament montre un

empilement de microspores uninucléées de 2μ d'épaisseur environ sur 5 à 6μ de large (*fig.* 4). Tout le protoplasme de la spore sert à former le prolongement, car lorsque celui-ci est complètement développé, la spore est vidée de son protoplasme. Nous n'avons pu, jusqu'à présent, étudier la reproduction sexuée. Nous avons nommé le parasite de *Philoscia couchii*, *Palavascia philoscii*, créant ainsi un nouveau genre et une nouvelle espèce d'Endomycètes. *Palavascia* est aussi le type d'une nouvelle famille, celle des Palavasciées. En effet, nous ne pouvons rattacher le genre, ni à la famille des Harpellacées (Léger et Duboscq), ni à celle des Génistellacées (Léger et Gauthier). Ces deux familles étant caractérisées par des spores asexuées uninucléées. Ici les spores asexuées sont pourvues de nombreux noyaux et se divisent secondairement en spores plus petites. Elles sont comparables aux filaments à microspores d'une Eccrinide.

MÉDECINE. — *Action accélératrice exercée, en de certaines conditions, par la pénicilline sur l'évolution de la tuberculose expérimentale du Cobaye.* Note de MM. Charles Rivière, Maurice Thely et Gabriel Gautron, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons constaté, il y a plus d'un an, que la pénicilline à fortes concentrations avait un pouvoir bactériostatique sur une souche avirulente du bacille de Koch (forme jeune de la souche S. A. P. C.) (1). Cette constatation a été faite par la méthode Heatley en boîte de Pétri sur milieu de Courmont glucosé. Or, dans ces conditions, on note, à la périphérie de l'auréole stérile, une zone étroite où la pousse du bacille semble nettement accrue par rapport au reste de la culture.

Nous avions alors pensé à la possibilité d'une double action de la pénicilline qui se comporterait vis-à-vis du B. K. soit comme bactériostatique, soit comme facteur de croissance, suivant sa concentration. Depuis lors, l'action bactériostatique *in vitro* a été mise en évidence (2) (3) (4) (5) et, récemment, l'action accélératrice sur une culture de B. K. virulent a été décrite (6).

Ces constatations nous ont incités à effectuer des expériences *in vivo*, pour préciser l'action de la pénicilline, *aux concentrations normalement atteintes en thérapeutique humaine*, sur la tuberculose expérimentale du Cobaye et décider si, *dans certaines conditions ou à certains stades de cette infection*, la pénicilline peut ou non accélérer l'évolution tuberculeuse.

---

(1) Souche remise en 1945 par M. le professeur Hollande (cf. A. Ch. Hollande, *Arch. Zool. exp. Protislogica*, 72, VI, 1932).
(2) Iland, *J. Path. Bact.*, 58, 1946, p. 495.
(3) Courmont, Gardères et Deries, *Soc. Biol.*, séance du 8 février 1947. *Acad. de Méd.*, 11 février 1947.
(4) Courmont, Gardères et Deries, *Soc. Biol.*, 26 avril 1947 et *Soc. Et. Sc. Tuberculose*, 8 mars 1947.
(5) P. Bonet-Maury, *Soc. Fr. Microbiol.*, 6 mars 1947.
(6) Ungar, *J. Path. Bact.*, 58, 1946, p. 501.

Dans le premier groupe d'expériences que nous rapportons, nous n'avons envisagé que l'action de la pénicilline *immédiatement après l'inoculation*, au stade de la dissémination des bacilles dans l'organisme.

Technique expérimentale. — L'ensemble de ces premières expériences a porté sur 92 cobayes :

a. 41 tuberculisés et traités par la pénicilline immédiatement après l'inoculation;

b. 21 témoins tuberculisés et non traités;

c. 15 témoins tuberculisés et traités par des extraits bruts d'un Champignon que nous étudions, extraits pyrétogènes et légèrement nécrosants, mais sans activité bactériostatique;

d. 15 témoins non tuberculisés et traités par la pénicilline.

L'inoculation sous-cutanée a été faite avec $0^{mg},002$ de la souche de B.K. virulente A.18 ([7]). Le traitement par la pénicilline (française et américaine) a été entrepris dans un délai de 7 jours après l'inoculation, et le plus souvent le jour même. Les doses ont été échelonnées entre 6 et 30 unités par gramme d'animal et par jour, en deux injections.

Résultats obtenus. — Alors que les témoins tuberculisés (*b* et *c*) ne sont morts (en présentant les lésions caractéristiques de la tuberculose) qu'entre le 50e et le 140e jour après l'inoculation, 80 % des animaux tuberculisés (*a*), traités par la pénicilline à des doses supérieures à 10 unités par gramme et par jour, sont morts avant le 25e jour et la plupart *avant le* 10e *jour* de traitement.

L'autopsie de ces animaux et l'examen de leurs organes ne montrent qu'une très forte réaction ganglionnaire, sans que nous ayons pu déceler de bacilles acido-résistants dans ces glanglions. Les Cobayes témoins non tuberculisés (*d*) et traités de même n'ont rien montré de semblable.

Une nouvelle expérience, sur laquelle nous reviendrons, est la suivante : Le 21 juin, 15 Cobayes de 300^g sont inoculés par $0^{mg},001$ de B. K. virulent A 18. Depuis le 20 juin, 10 de ces animaux sont traités par 7500 unités par jour de Pénicilline Schenley (2500 le matin et 5000 le soir).

Les 26, 27 et 28 juin, 8 de ces animaux sont morts. Les 2 survivants accusent une perte de poids marquée, contrairement aux 5 témoins dont le poids reste stationnaire. L'autopsie ne révèle qu'une réaction ganglionnaire très importante sans présence de bacilles acido-résistants.

Nous continuons ces expériences pour mieux interpréter ces résultats et préciser l'influence de différents facteurs : souche de B. K., stade de l'évolution tuberculeuse au moment où débute le traitement par la pénicilline, espèces des animaux d'expérience (utilisation de Rats et de Souris au lieu de Cobayes).

([7]) Cette souche d'origine bovine, qui fait partie de la collection du Laboratoire Central de Recherches Vétérinaires d'Alfort nous a été remise par M. Salomon.

ÉPIDÉMIOLOGIE. — *Solution aux difficultés de l'expérimentation avec le spirochète d'Obermeier,* S. recurrentis, *agent de la fièvre récurrente à poux.* Note (1) de MM. **Marcel Baltazard, Chamseddine Mofidi** et **Mahmoud Bahmanyar**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'étude expérimentale du *Spirochæta reccurrentis* a toujours été rendue très difficile par la réceptivité nulle ou très faible de tous les animaux de laboratoire, sauf le Singe. Au cours de recherches sur les spirochètes de Rongeurs (souches américaines et asiatiques), nous avons pu constater que certaines espèces animales, qui ne réagissent pas à l'état adulte, font dans leur premier âge des infections extrêmement graves ou mortelles, avec une pullulation considérable de spirochètes.

Nous avons tenté d'utiliser cette réceptivité exceptionnelle pour l'étude du *S. recurrentis.* Tous les rongeurs nouveau-nés que nous avons utilisés se sont montrés d'une grande sensibilité; parmi ceux-ci, la Souris blanche nouveau-née, déjà signalée autrefois par Sergent et Foley, fait une infection intense et qui peut être mortelle. Le Rat blanc nouveau-né fait une infection qui peut atteindre six jours de durée avec une pullulation de spirochètes considérable. Par contre le Cobaye, qui vient au monde dans un état d'évolution très avancé, ne fait qu'une infection très faible.

C'est le Lapin nouveau-né, autrefois déjà signalé par Grenier (1914), qui nous a montré la réceptivité la plus élevée. 19 Lapins nouveau-nés inoculés sous la peau avec sept échantillons de sang humain (prélevés du quatrième au huitième jour du premier ou du deuxième accès; montrant à l'examen au fond noir de 5 à 50 spirochètes par champ) ont, après 18 heures à 36 heures d'incubation, fait des infections d'allure cyclique, débutant à 1 spirochète par 500 champs pour atteindre et dépasser 200 par champ le quatrième jour en moyenne, puis décroître et se terminer après 5 à 8 jours. De ces 19 Lapins, 3 ont été sacrifiés en pleine infection pour passage, 4 sont morts de leur infection avec une rate énorme, boursouflée, de couleur foncée, 3 ont fait un seul accès et ont guéri, mais 8 ont fait une rechute dont deux sont morts.

Cette rechute, ou plus exactement cette récurrence qui peut durer jusqu'à 4 jours, est absolument caractéristique de l'infection à *S. recurrentis* chez le Lapin nouveau-né; elle se superpose exactement au phénomène observé chez l'Homme et, moins fréquemment, chez le Singe. Elle se produit, soit précocement : au 3e ou 4e jour après la fin de l'accès, soit, le plus souvent, tardivement : au 7e ou 8e jour avant la fin de l'accès, c'est-à-dire de 9 à 14 jours après l'inoculation.

La pullulation des spirochètes dans le sang, la longue durée de l'infection,

(1) Séance du 28 mai 1947.

la facilité de prélever à la jugulaire jusqu'à 1^{cm^3} de sang au Lapin nouveau-né vivant, et jusqu'à près de 3^{cm^3} par section du cou, permettent de réussir aisément les passages et la conservation des souches. 33 lapins ont été ainsi inoculés avec 7 souches de passage : 7 ont été sacrifiés en cours d'infection, 1 est mort accidentellement, 11 ont fait un seul accès et ont guéri, 5 sont morts de leur infection au cours du premier accès avec splénomégalie considérable et dans deux cas avec hémorragie péritonéale; 9 enfin ont fait une rechute dont 2 sont morts. L'extrême sensibilité du Lapin nouveau-né a permis au cours des passages d'obtenir l'infection par voie conjonctivale (1 goutte de sang virulent déposée sur l'œil), l'infection ainsi obtenue comporte une incubation qui peut durer jusqu'à 5 jours; elle est en général plus faible (ne dépassant pas 50 spirochètes par champ fond noir) et moins durable (4 jours) que l'infection obtenue par voie sous-cutanée, mais peut cependant donner lieu à une rechute. L'infection a également pu être obtenue par inoculation de broyats d'organes (rate, cerveau) prélevés sur des animaux en cours d'infection ou immédiatement après la fin de cette infection; un des lapins inoculés avec un broyat de cerveau a fait un accès de 10 jours de durée, se terminant par la mort. Jusqu'à présent, aucun résultat positif n'a été enregistré avec les mêmes broyats d'organes prélevés plus de 10 jours après la fin de l'infection.

Mais les résultats les plus frappants ont été observés avec les broyats de poux. L'infection a été obtenue cinq fois sur cinq avec des lots de 30, 20, 28, 12, et 5 poux prélevés sur des malades récurrents, puis entretenus pendant 2 à 10 jours sur l'Homme sain, poux dont le broyat montrait ou ne montrait pas de spirochètes à l'examen au fond noir. Toutes ces infections (sauf celle du Lapin inoculé avec le broyat du lot de 5 poux) ont été rapidement mortelles, ainsi d'ailleurs que toutes celles obtenues par passage de ces souches. D'autre part, le Pou de l'Homme pique très volontiers le Lapin nouveau-né, dont la peau est très fine et parfaitement glabre. Le sang du Lapin est toxique pour ce pou; mais la richesse de ce sang en spirochètes permet d'infecter les poux en un seul repas, puis, l'infection n'étant pas transmissible par piqûre, d'entretenir ensuite ceux-ci sur l'Homme sain pendant tout le temps désirable. Dix expériences ont été ainsi faites avec un lot de 11 poux, trois de 5, un de 4, et cinq de 1 seul pou, broyés de 7 à 8 jours après l'unique repas infectant et montrant ou ne montrant pas de spirochètes métacycliques. Sept ont donné un résultat positif dont trois avec 1 seul pou, avec rechute de 3 lapins sur 7.

En conclusion, le Lapin nouveau-né peut avantageusement remplacer le Singe pour l'étude du *Spirochæta recurrentis* : la durée et la richesse de son infection, la fréquence des rechutes permettent de conserver sans peine les souches par passage; son extrême sensibilité en fait un détecteur suffisamment subtil pour les expériences les plus délicates.

D'autre part il est évident que l'authentique réceptivité au *S. recurrentis* présentée par la plupart des rongeurs dans leur premier âge, rapproche ce

spirochète de certaines espèces observées dans la nature chez ces mêmes rongeurs, et pose à nouveau la question du réservoir de virus animal de la fièvre récurrente humaine.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h35m. A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MAI 1947.

La corrosion des métaux par la dépolarisation de l'oxygène, par N. D. TOMACHOV. Moscou, Académie des Sciences de l'U. R. S. S., 1947; 1 vol. 23 cm (en langue russe).

Jacques Amand Eudes-Deslongchamps (1794-1867), par ALEXANDRE BIGOT. Extrait du *Bulletin de la Société linéenne de Normandie*, 9e série, Tome V, 1947; 1 fasc. 22cm,5.

Les éléments de la Physique, par JEAN PERRIN, in *Bibliothèque d'éducation par la Science*. Paris, Albin Michel, 1946; 1 vol. 19cm.

Notes sur des Lonchocarpus, par E. DE WILDEMAN et L. PYNAERT, vol. XXXVII, 1946, no 3. Bruxelles, Ministère des Colonies, Direction générale de l'agriculture, de l'élevage et de la colonisation, 1946; 1 fasc. 24cm,5.

Académie royale de Belgique. *Bulletin de la classe des sciences*. 5e Série, Tome XXXII, 1946. — Extraits : *Allélopathie ou télétoxie en particulier dans le règne végétal. — A propos de liquides mucilagineux intracellulaires. — Les vents et la végétation*, par E. DE WILDEMAN. Bruxelles, Palais des Académies, 1947; 3 fasc. 25cm,5.

Instructions pour l'établissement de la Carte des Groupements végétaux, par JOSIAS BRAUN-BLANQUET, LOUIS EMBERGER et RENÉ MOLINIER, avec une carte modèle (environs de Montpellier) et un tableau de signes conventionnels établi par HENRI GAUSSEN. Montpellier, Causse, Graille et Castelnau, 1947; 1 fasc. 24cm et 1 planche au 1/20 000e, 74cm,5 × 48cm (présenté par M. A. Chevalier).

L'homme et l'alcool, par LÉON BRUEL et RAOUL LECOQ. Paris, Éditions Pierre Ardent, 1946; 1 vol. 16cm,5.

Le Climat parisien, par CHARLES MAURAIN. Paris, Presses universitaires de France, 1947; 1 vol. 19cm,5.

Que sais-je? Les mesures physiques, par ALBERT PÉRARD. Paris. Presses universitaires de France, 1947; 1 vol. 18cm.

Compléments d'hydraulique. Première partie, par LÉOPOLD ESCANDE. Toulouse, Edouard Privat 1947; 1 vol. 23cm,5 (présenté par M. Ch. Camichel).

Universidad nacional autonoma de Mexico. Instituto de geologia. *Estudio tecnologico de la industria de la sal en Mexico*, por RAUL LOZANO GARCIA. Mexico, D. F., 1946; 1 vol. 22cm,5.

Id. *Guia Geologica de oaxaca*, por TOMAS BARRERA. Mexico, D. F., 1946; 1 vol. 22cm,5.

Memoirs of the american Academy of Arts and Sciences. Vol. XVIII, part. 3. *The Myrtaceous genus Syzygium Gaertner in Borneo*, par E. D. MERRILL and L. M. PERRY. Boston, published by the Academy, 1939; 1 vol. 31cm.

Table des solutions de la congruence $X^4 + 1 \equiv 0$ (*mod.* p) *pour* $350\,000 < p < 500\,000$, par A. GLODEN. Paris, Centre de documentation universitaire, 1946; 1 fasc. 27cm.

Revista de investigaciones agricolas. Organo oficial de la direccion general de investigaciones del Ministerio de agricultura de la Nacion. Tomo I, no 1. Buenos Aires, 1947; 1 fasc. 26cm.

FIN DU TOME DEUX-CENT-VINGT-QUATRIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1947.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 224.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

X

Y

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

H

J

M

N

O

P

S

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
113114-50 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.